

Bauschadensprophylaxe als Beitrag zur Qualitätssicherung während der Bauausführung

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

an der Fakultät Bauingenieurwesen

der

BAUHAUS-UNIVERSITÄT WEIMAR

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Stefan Weyhe

aus Bad Langensalza

**Gutachter: 1. Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.
2. Prof. Dr.-Ing. Karl Rautenstrauch
3. Prof. Dr.-Ing. Victor Rizkallah**

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.
Professur Baubetrieb und Bauverfahren
Fakultät Bauingenieurwesen
Bauhaus-Universität Weimar
Marienstraße 7, 99423 Weimar
Postanschrift: 99421 Weimar
Tel.: (03643) 58 4563
Fax.: (03643) 58 4565
<http://www.uni-weimar.de/Bauing/baubet/>

**Bauschadensprophylaxe als Beitrag zur
Qualitätssicherung während der Bauausführung**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

an der Fakultät Bauingenieurwesen

der

BAUHAUS-UNIVERSITÄT WEIMAR

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Stefan Weyhe

aus Bad Langensalza

Gutachter: 1. Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.
 2. Prof. Dr.-Ing. Karl Rautenstrauch
 3. Prof. Dr.-Ing. Victor Rizkallah

Tag der Disputation: 13.01.2005

VORWORT

Diese Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Baubetrieb und Bauverfahren der Bauhaus Universität Weimar und meiner selbstständigen Tätigkeit als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger im Fachgebiet Schäden an Gebäuden.

Geprägt durch Erfahrungen in der Sachverständigentätigkeit, speziell auch in der Qualitätsüberwachung, ist mir daran gelegen, Ansätze und Entwicklungen in der baubegleitenden Qualitätssicherung voranzutreiben. Helfende statt feststellender Prüfung und Transparenz als Vertrauensbasis sollen Grundpfeiler sein.

Ich danke Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc. für die Betreuung der Arbeit, die wertvollen Anregungen und sein ständiges Interesse an der Thematik. Ohne Ihn wäre diese Arbeit nicht zu Stande gekommen.

Ebenso gilt mein Dank meinen Gutachtern Herrn Prof. Dr.-Ing. Karl Rautenstrauch und Herrn Prof. Dr.-Ing. Victor Rizkallah für die wertvollen Hinweise.

Allen Mitarbeitern der Professur Baubetrieb und Bauverfahren danke ich für das sehr angenehme Arbeitsklima. Besonders bei Herrn Apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Steinmetzger möchte ich mich für die fachliche Unterstützung und die Kritik bedanken. Die sehr wertvollen Anregungen haben wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Danken möchte ich auch Herrn Dr.-Ing. Hagen Stein für die kritischen Hinweise während der Anfertigung der Arbeit.

Ganz persönlicher Dank gilt meiner Freundin Maja, meinem Sohn Paul und meinen Eltern. Sie haben mir den Erfolg meiner Arbeit überhaupt erst ermöglicht.

Stefan Weyhe

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Ziel der Arbeit	5
2 Bauschadensstatistik in der Literatur	6
2.1 Überblick zum Datenmaterial	6
2.2 Schadensanfälligkeit verschiedener Bauteilgruppen	8
2.3 Umfang der vermeidbaren Neubauschäden	12
2.4 Zeitliche Verteilung des Auftretens von Schäden	13
2.5 Ursachen von Baumängeln und Bauschäden	14
2.6 Zusammenfassung zu bisherigen Bauschadensuntersuchungen	18
3 Grundlagen der Qualitätssicherung in der Bauausführung	19
3.1 Einführung	19
3.1.1 Qualität, Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung	19
3.1.2 Entwicklung der Qualitätssicherung	20
3.2 Besonderheiten der Bauproduktion	24
3.3 Definition von Bauqualität	25
3.3.1 Das Besondere der Bauqualität	25
3.3.2 Prozess- und Produktqualität	26
3.4 Historischer Abriss zur Sicherung der Bauqualität	29
3.4.1 Historie zur Qualitätssicherung der Bauprodukte	29
3.4.2 Historie zur Qualitätssicherung in der Bauausführung	31
3.5 Qualitätssicherung am Bau durch staatliche Regulierungssysteme	32
3.5.1 Einwirken staatlicher Organe	32
3.5.2 Privatrechtliche Rahmenbedingungen	35
3.6 Qualitätsvoraussetzungen am Bau	36
3.6.1 Bedeutung der Planungsleistungen	36
3.6.2 Korrelation der Planung mit der Bauausführung	37
3.7 Einbindung der Qualitätssicherung in Qualitätsmanagementsysteme	39
3.7.1 Qualitätssicherung als Teil des Qualitätsmanagements	39
3.7.2 Qualitätsmanagement-Zertifizierung	41
3.8 Bauspezifische Defizite der Qualitätssicherung	43

4	Nutzbare Systeme zur Verbesserung von Qualität	44
4.1	Theoretische Ansätze zur Fehlervermeidung.....	44
4.1.1	Fehleranalyse und Fehlerprophylaxe	44
4.1.2	Expertensysteme.....	46
4.1.3	Die Fehler-Möglichkeiten-und -Einfluss-Analyse (FMEA).....	49
4.2	Geeignete Prinzipien zur Qualitätssicherung von Bauprodukten	54
4.2.1	Konformität als Qualitätsvoraussetzung	54
4.2.2	Europäisches und deutsches Konzept der Bauproduktenrichtlinie	55
4.2.3	Produktionskontrollen bei der Betonherstellung	58
4.3	Baubegleitende Prüfungen und deren Dokumentation.....	59
4.3.1	Anforderungen.....	59
4.3.2	Methoden der Prüfdatenerfassung	60
4.3.3	Erfassung der Prüfdaten.....	61
4.3.4	Dokumentation der Prüfergebnisse	63
4.4	Prinzipien zur Qualitätssicherung in Bauprozessen	64
4.4.1	Verwendbare Prinzipien aus der Qualitätssicherung von Bauprodukten ..	64
4.4.2	Beispiel für Qualitätssicherung im Wohnungsbau	65
4.4.3	Beispiel für Qualitätssicherung im Ingenieurbau	67
4.4.4	Gegenüberstellung	71
4.5	Ansätze für die Qualitätssicherung in der Bauausführung	73
5	Eigene systematische Bauschadensuntersuchungen.....	74
5.1	Rahmen der Untersuchungen und Einschränkungen.....	74
5.2	Bauschadensverteilung nach Bauteilgruppen	75
5.3	Anteil der Kosten zur Bauschadensbeseitigung an den Gesamtbaukosten.....	77
5.4	Zeitpunkt des Eintritts der Bauschäden.....	77
5.5	Ursachen von Baumängeln und Bauschäden	78
5.6	Korrelation von Mängeln mit besonderen Vertragskonstellationen	78
5.7	Ergebnisse der eigenen Untersuchungen	81
6	Das System der „Helfenden Prüfungen“	82
6.1	Verbesserungspotenziale der Qualitätssicherung in der Bauausführung.....	82
6.2	Ausgangspunkt eigener Untersuchungen	85
6.2.1	Der modulare Ansatz.....	85
6.2.2	Qualitätsdiagnose.....	85
6.2.3	Ausführungsregeln	87
6.2.4	Pauschalierung der Mangelbeseitigungskosten	88
6.2.5	Prüfung und Dokumentation.....	89
6.2.6	Gegenprüfung.....	89

6.3	Das Konzept einer verbesserten Qualitätssicherung	90
6.3.1	Hierarchiestufen einer Qualitätssicherung in der Bauausführung	90
6.3.2	Ansatz der Prophylaxe-kriterien.....	91
6.4	Prophylaxe-kriterien.....	92
6.4.1	Herleitung der Prophylaxe-kriterien	92
6.4.2	Definieren der Prophylaxe-kriterien aus der Bauschadensforschung.....	95
6.4.3	Ableitung der prozessspezifischen Prophylaxe-kriterien	97
6.5	Die Bestandteile des Systems der „Helfenden Prüfungen“	102
6.5.1	Eigenüberwachung.....	102
6.5.2	Automatische Mess- und Prüfdatenerfassung.....	103
6.5.3	Transparente Datensicherung für alle am Bau Beteiligten	104
6.5.4	Automatische Konformitäts-Check's.....	105
6.5.5	Prüfungen durch den Bauleiter.....	106
6.5.6	Kontrolle durch die Bauüberwachung.....	106
6.6	Das Gesamtsystem	108
6.7	Das baubetriebliche Kommunikationsmodell.....	110
6.7.1	Grundmodell einer interaktiven Plattform	110
6.7.2	Terminal Server und Datenbank.....	111
6.7.3	Handheld mit Wireless LAN.....	114
6.7.4	Computerarbeitsplätze der am Bau Beteiligten	114
6.7.5	Konformitäts-Check's im Kommunikationsmodell	119
6.8	Merkmale des Systems der „Helfenden Prüfungen“	121
6.9	Potenzielle Anwendungsfelder für ein System der „Helfenden Prüfungen“	122
7	Zusammenfassung.....	124
8	Ausblick	127
	Abkürzungen	128
	Symbole	129
	Literaturverzeichnis	130
	Abbildungsverzeichnis	142
	Tabellenverzeichnis	145
	Anhang.....	146

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

Bauwerke stellen in der Volkswirtschaft der Bundesrepublik Deutschland mit einem Anteil von über 80 % den gewichtigsten Anteil des Bruttoanlagevermögens dar, Abb. 1. Sie haben eine weitaus längere Lebensdauer als Gebrauchsgüter. Die Sicherung ihrer Qualität ist von großem volkswirtschaftlichen Wert.

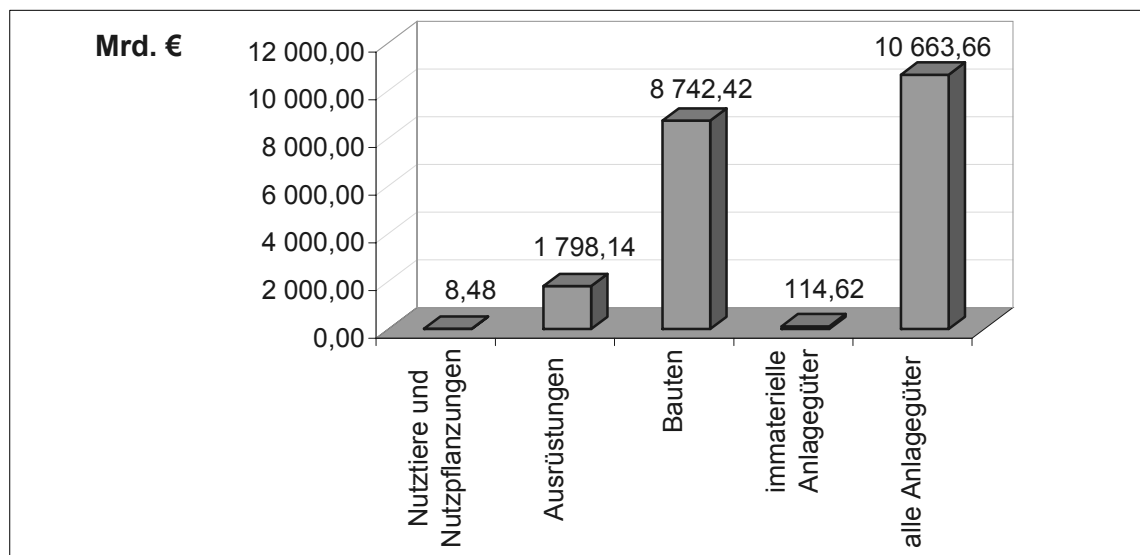


Abb. 1: Bruttoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen in Deutschland 2004 (Statistisches Bundesamt Wiesbaden [118])

Die Investitionen in Bauten sanken nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [118] seit dem Jahre 1994 um etwa 20 %, obwohl sich die Maßnahmen zur Modernisierung und Instandsetzung von Gebäuden in den westlichen Bundesländern Deutschlands erhöht haben. (vgl. Abb. 2)

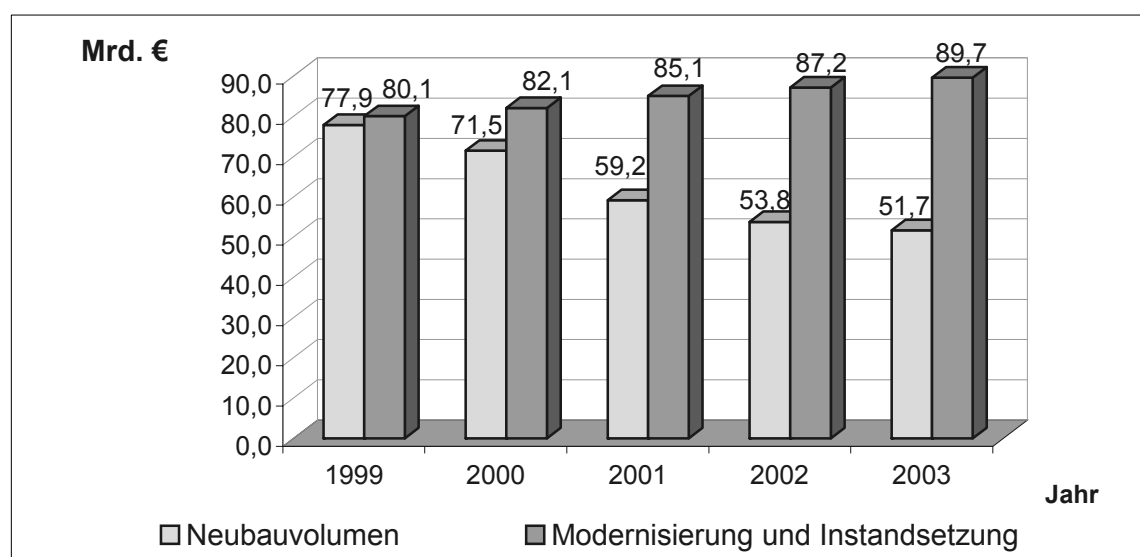


Abb. 2: Entwicklung Bauinvestitionen im Wohnungsbau in Deutschland (in Preisen von 1995) (DIW [10])

Weniger die absolute Höhe der Bauinvestitionen als der Anteil der Modernisierung und Instandsetzung lässt eine Bedarfsstruktur erkennen, die im Wesentlichen den kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) mit handwerklicher Prägung entgegen kommt.

In Deutschland existieren für die Gründung und Führung solcher Betriebe traditionell hohe Anforderungen, die sich insbesondere auf die Qualifizierungsnachweise des Führungspersonals beziehen.

Dagegen beabsichtigt ein Richtlinienvorschlag der Europäischen Kommission, u.a. die Qualifikationsanforderungen für EU-Ausländer, die sich mit einem Handwerk in Deutschland niederlassen wollen, deutlich abzusenken [84]. Danach soll für diesen Personenkreis praktisch die berufliche Erstausbildung genügen, um in Deutschland selbstständig ein Handwerk ausüben zu können. Eine Novellierung der Handwerksordnung und möglicherweise auch eine Institutionalisierung des dualen Berufsbildungssystems¹ in Deutschland in Anpassung an das Berufsbildungssystem in den USA, wird notwendig sein [20], [85]. Mit den zur Zeit nicht abschätzbaren Folgen sind perspektivisch Auswirkungen auf die Qualität der Bauausführung verbunden.

Derzeit ist im europäischen Vergleich die fachliche Kompetenz auf der Bauausführungsebene ein besonderer Wettbewerbsvorteil der deutschen Bauwirtschaft. Das notwendige Wissen, auch über die Prozesse² auf der Baustelle wird von den hochqualifizierten deutschen Bauleitern³, Polieren und Facharbeitern verkörpert. Es macht ins Detail gehende Anweisungen und übermäßigen Kontrollaufwand von der Seite der Unternehmensleitung entbehrlich. Dieser Standortvorteil ist durch das aktuelle politische Ziel der Liberalisierung⁴ in Gefahr. (vgl. SYBEN [120])

Je weniger spezialisiert und je größer ein Bauunternehmen ist, desto höher ist einerseits der Anteil der Fremdleistungen (vgl. Abb. 3) und umso niedriger andererseits der eigene Personalkostenanteil. Zugleich wachsen Koordinierungs- und Kontrollaufwendungen.

¹ Berufsbildungssystem, das von der Schule und der Praxis gemeinsam getragen wird. Die Auszubildenden wechseln in sinnvollen Abständen den Lernort. Ziel ist das Wechselspiel zwischen dem Lernen von theoretischem Wissen und seiner anwendungsorientierten Umsetzung und Vertiefung. (KREYSING [85])

² Nach DGQ-Definition [88] ist ein Prozess die Gesamtheit der Tätigkeiten, die sich gegenseitig bedingen oder beeinflussen und unter Verwendung von Ressourcen Eingaben in Ergebnisse umwandeln.

³ Bauleiter sind fachkundige Vertreter des Bauherrn gegenüber der Bauaufsichtsbehörde. Wesentliche Aufgaben des Bauleiters sind die Überwachung der Bauausführung, die technisch-technologische Qualitätssicherung, die Führung des Baustellenpersonals und die rechtssichere und termintreue Abwicklung der Bauvorhaben. (BRÜSSEL [26])

⁴ Liberalisierung stellt sich u.a. als Abbau staatlicher Beschränkungen in allen Bereichen der Wirtschaft, vor allem im Außenhandel dar. [116]

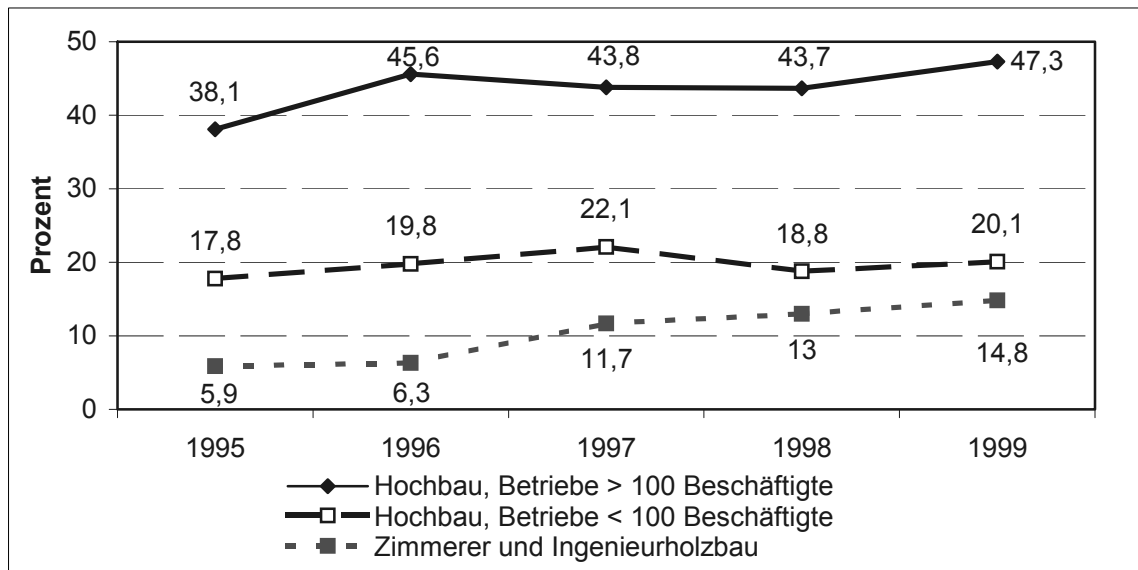


Abb. 3: Anteil der Fremdleistungen im Bauhauptgewerbe Deutschlands (ZDB [134])

Aus dem Ersatz eigenen Fachpersonals durch ausländische Subunternehmer⁵ im harten Wettbewerb folgt, dass mittel- bis langfristig sowohl für Ausführung als auch Überwachung nicht genügend qualifiziertes Personal zur Verfügung steht.

Der verstärkte Einsatz von sogenannten Hilfskräften hat gemäß SYBEN [120] zwangsläufig den Rückgang der Investitionen in die Ausbildung von Facharbeitern zur Folge. Es verbleibt nur noch eine schmale Basis für die Rekrutierung von Führungsnachwuchs. Andererseits wird infolge der Bedarfsstruktur verstärkt auf Poliere und Vorarbeiter zurückgegriffen werden müssen. SYBEN spricht daher von einer „Qualifikationsfalle“.

Bereits derzeit betragen die Kosten zur Behebung der Fehler⁶ bei der Herstellung (Roh- und Ausbau) – je nach Quelle und Verfahren⁷ der Untersuchung – bis zu 12 % der Baukosten. [77] Die Folgen vermeidbarer Baumängel/-schäden verursachen allein in Deutschland schätzungsweise Kosten bis zu 10 Milliarden € pro Jahr. [106]

RIZKALLAH/DÖBBELIN [106] und WEBER [127] stellten fest, dass ca. 10 % aller Bauleistungen den für das jeweilige Objekt notwendigen Erfordernissen nicht entsprechen.

Vergleiche mit den Verhältnissen in der stationären Industrie, besonders der Automobilindustrie, lassen für den Bau ein erhebliches Verbesserungspotenzial erkennen.

In der Automobilindustrie wird das „Null-Fehler-Prinzip“⁸ angestrebt. Die systematische Prüfung⁹ auf Material- und Montagefehler ist Standard. In keinem Bereich werden Qualitätsabweichungen akzeptiert und deshalb auch keine mangelhaften Leistungen

⁵ Subunternehmer, Nachauftragnehmer: Vereinbaren ihre Leistungen mit einem Vertragspartner des Bauherrn/Auftraggebers, ohne mit dem Bauherrn direkt in Beziehung zu stehen.

⁶ Ein Fehler ist die Nichterfüllung einer Anforderung. (DIN ISO 9000 [51])

⁷ Ein Verfahren ist eine festgelegte Art und Weise, eine Tätigkeit oder einen Prozess auszuführen. (DGQ [88])

⁸ Das „Null-Fehler Prinzip“ verlangt, die Akzeptanz von Fehlerquoten zu verabschieden und durch Voraussicht und gute Planung, Null-Fehler anzustreben. (CROSBY [29])

⁹ Prüfung ist die Bewertung der Erfüllung einer Forderung durch Beobachten und Beurteilen, begleitet durch Messen, Testen oder Vergleichen. (DIN EN ISO 9000 [51])

an die nachfolgende Abteilung weitergegeben. Diese Verpflichtung gilt auch für Lieferanten. Beanstandungen werden von den Teams z.B. auf täglichen Qualitätskonferenzen vorgestellt. Problemlösungen sind zu erarbeiten und in einem zweiten Gespräch (häufig am gleichen Tag) vorzutragen.

Zur Fertigungsqualität der stationären Industrie tragen der Einsatz modernster Präzisionsroboter und die Standardisierung der Arbeitsabläufe bei. Stets gleiche Abläufe von Arbeitsschritten verleihen dem Fertigungsprozess ein hohes Maß an Stabilität und Gleichmaß und sind damit Voraussetzungen für die Standardisierung von Produktionsabläufen und eine konstante Arbeitsqualität.

Dagegen wurde in der Bauindustrie erst in den 70er Jahren begonnen, eine systematische Baumängel- und Bauschadenserfassung aufzubauen [9], [106]. Die allgemeine Datenbasis bezüglich der Schäden an Gebäuden ist gemäß dem „Dritten Bericht über Schäden an Gebäuden“ [19] noch immer recht dürftig. Die Erkenntnisse über Art, Umfang, Verteilung und Ursachen der Bauschäden in Deutschland basierten auf der Analyse einer kleinen Stichprobe im Verhältnis zum Gesamtumfang der Baumängel und Bauschäden. Alle in diesem Zusammenhang genannten Kosten beruhten auf Schätzungen und sind großzügig auf den Gebäudebestand extrapoliert worden.

Die Bauwirtschaft in Deutschland befindet sich trotzdem in einer Trendwende. Künftig wird es nach ARLT [3] weniger Bauschadensberichte geben. Erforderlich ist der Folgeschritt, die Bauschadensprophylaxe. (vgl. auch WEEBER [128])

Als Ergebnis einer im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung im Jahr 2002 erstellten Forschungsarbeit [123] wurde gefordert, Strategien zu entwickeln, wie

- Qualität am Bau deutlicher kommuniziert¹⁰,
- Qualität am Bau besser beschrieben und gekennzeichnet,
- Qualität von Bauprodukten¹¹ intensiver kontrolliert und transparenter dargestellt,
- Qualität im Baumanagement effektiver eingebracht,
- Qualität den am Bau Beteiligten¹² durch angepasste Aus-, Fort- und Weiterbildung effizienter nahe gebracht werden kann und
- die Anforderungen an die Qualität der Bauprozesse gesteigert werden können.

¹⁰ Die Kommunikation beinhaltet in diesem Fall die Verständlichkeit für den Experten und den Laien. (vgl. VOGDT [123])

¹¹ Bauprodukte sind Produkte die hergestellt werden, um dauerhaft in Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus eingebaut zu werden. (vgl. Richtlinie über Bauprodukte [12])

¹² Die am Bau Beteiligten sind nach den gültigen Landesbauordnungen die im Rahmen ihres Wirkungskreises für den Bau Verantwortlichen.

1.2 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, einen Beitrag zur Sicherung der Bauausführungsqualität durch eine neue interaktive¹³ und interdisziplinäre¹⁴ Verdichtung aller Prüfungen zu leisten.

Dazu sind folgende Schritte zu bearbeiten:

- Auswertung zu Baumängeln und Bauschäden
- Analyse von Qualitätssicherungssystemen und der Entwicklungspotenziale
- Ableitung der Forderungen an Qualitätssicherungssysteme aus vorgenannten Schritten
- Exemplarisches Ermitteln und Erproben von Kriterien zur Vermeidung von Bauschäden
- Entwicklung eines dynamischen Systems¹⁵ zur baubegleitenden Qualitätssicherung¹⁶.

¹³ Interaktiv bedeutet psychologisch und soziologisch Interaktion betreibend. Interaktionen sind Wechselbeziehungen, besonders die Kommunikation zwischen Individuen innerhalb einer Gruppe. (vgl. DUDEN [59])

¹⁴ Interdisziplinär ist als zwischen Disziplinen bestehend, mehrere Disziplinen betreffend definiert. (vgl. DUDEN [59])

¹⁵ Ein System ist eine Gliederung, Aufbau, Ordnungsprinzip, ein einheitlich geordnetes Ganzes in verwandte oder ähnlich gebaute Gruppen. (vgl. DUDEN [59])

¹⁶ vgl. Definition Qualitätssicherung auf Seite 19.

2 BAUSCHADENSSTATISTIK IN DER LITERATUR

2.1 Überblick zum Datenmaterial

In diesem Kapitel erfolgt eine Auswertung von Baumängeln¹⁷ und Bauschäden¹⁸ auf der Grundlage ausgewählter Quellen.

Erkenntnisse werden im Kapitel 6 als Teil eines vorgeschlagenen Systems zur baubegleitenden Qualitätssicherung eingebunden.

Baumängel und Bauschäden scheinen in der Literatur (u.a. [1], [16], [17], [18], [19], [77], [111]) hinreichend analysiert und werden mit entsprechender Intensität diskutiert. [3], [4], [9], [106], [107], [79], [119], [123], [129], [135] Zahlreiche Fachbücher beinhalten bauteilbezogene Empfehlungen zum schadenfreien Bauen. (vgl. u.a. AURNHAMMER, K.-G. [6] und CZIESIELSKI [31], [32])

Bereits in den 70-iger Jahren war es Aufgabe des Berichtes „Ausmaß und Schwerpunkte der Bauschäden im Wohnungsbau“ [111] der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, grundlegende Daten zu liefern. Die Analyse wurde anhand einer Erhebung bzw. Umfrage unter Planern, Bauunternehmern, Hauseigentümern und auch Nutzern im Bundesland Nordrhein–Westfalen durchgeführt. Der Beobachtungszeitraum für den Arbeitsbericht liegt zwischen 1965 und 1972. Insgesamt wurden bei dieser Erhebung 1.817 Gebäude betrachtet, von denen 433 durch Bauschäden/-mängel betroffen waren. An diesen wurden insgesamt 979 Schadensfälle festgestellt. SCHILD u.a. [111] gaben bereits damals zu bedenken, dass die hohe Zahl unterschiedlicher Bauteile statistisch aussagekräftige Angaben nur für Bauteilgruppen zulässt, in denen eine größere Anzahl verwandter Bauteile zusammengefasst ist.

Der erste Bauschadensbericht [16] im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau stützt sich überwiegend auf Datenmaterial aus dem Jahr 1982. Dem zweiten Bauschadensbericht [17] liegen Daten aus Untersuchungen des Jahres 1985 zugrunde. Dabei ergab sich im zweiten Bauschadensbericht aufgrund einer neuen (unveröffentlichten) Erhebung des Aachener Institutes für Bauschadensforschung auf bundesweiter Basis eine wesentliche Erhöhung des geschätzten Bauschadensumfanges.

¹⁷ Ein Baumangel (vgl. BRUNCK/USEMANN [24]) ist der fehlerhafte Zustand eines Bauteils/Bauwerk, in dessen Folge

- der Wert oder die Funktionstüchtigkeit vermindert oder aufgehoben wird,
- die vereinbarte Beschaffenheit nicht gewährleistet ist oder
- ein Verstoß gegen die aRdT vorliegt.

Ein Baumangel liegt dann vor, wenn ein Fehler des Istzustandes gegenüber dem Sollzustand festgestellt wird. (WAPENHANS [126])

¹⁸ Ein Bauschaden ist die Veränderung an einem Bauwerk mit negativer Beeinträchtigung.

Schäden am Bauwerk können in Anlehnung an AURNHAMMER [5] und DÖBBELIN [57] auftreten als Folge:

- einer unzulänglichen und damit vertragswidrigen Bauwerkserrichtung
- von dem Bauwerk durch Dritte zugefügten Beschädigungen
- aufgetretener Naturgewalten
- von Alterung und Verschleiß durch Benutzung.

Im Rahmen dieser Arbeit wird unter Bauschaden allein ein Schaden infolge unzulänglicher Bauwerkserrichtung verstanden.

In diesem unveröffentlichten Bericht wurde nach [17] ermittelt, dass an den im Jahr 1985 fertiggestellten Hochbauten¹⁹ Aufwendungen von rd. 1,4 Mrd. EURO (damals 2,8 Mrd. DM) zur Beseitigung von Bauschäden erforderlich waren. Die Betrachtungen beziehen sich auf den Zeitraum von fünf Jahren nach der Fertigstellung.

Da das Neubauvolumen der Hochbauten 1985 ca. 46 Mrd. EURO (damals 90 Mrd. DM) betragen hat, sind dies etwa 3 % der Herstellungskosten. (vgl. 2. Bericht über Schäden an Gebäuden [17])

Nach Angabe des 2. Berichtes über Schäden an Gebäuden haben nach der gleichen Untersuchung die 1981 bis 1985 errichteten Gebäude im Jahr 1985 Bauschadenskosten in Höhe von rd. 1,3 Mrd. € (damals 2,5 Mrd. DM) verursacht. Es zeigte sich, dass der Schätzwert im ersten Bauschadensbericht mit rd. 0,6 Mrd. €/Jahr (damals 1,2 Mrd. DM/Jahr) zu niedrig angesetzt war und aufgrund der neuen Erhebungen mindestens doppelt so hoch angenommen werden muss. Diese Kostenverdoppelung lässt aber keinen Schluss auf eine Verschärfung des Bauschadensproblems zu, sondern ergibt sich aus der neuen Datenbasis. [17]

Im Dritten Bericht über Schäden an Gebäuden aus dem Jahr 1995 [19] wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass statistisch verlässliche Untersuchungen zur Schadensverteilung und zu den Schadenskosten bei Neubaumaßnahmen nicht vorliegen. Als Ursache werden die geringen Forschungsmittel benannt. Der Schwerpunkt in diesem Bericht wird auf dringliche Einzeluntersuchungen gelegt. Schätzwerte bei Neubauten sind daher nach Angaben des Dritten Berichts nur auf der Grundlage der Hochrechnungen älterer Untersuchungen möglich.

Anders als im ersten und zweiten Bauschadensbericht erfolgt im Rahmen der Forschungsarbeit des BMBau [18] eine Untersuchung auf der Basis gemeldeter Schadensfälle zur Berufshaftpflichtversicherung von Architekten und Bauingenieuren. Durch die Architekt-Ingenieur-Assekuranz GmbH (AIA) werden im Zeitraum von 1986 bis 1987 Untersuchungen von 1.456 Schäden durchgeführt. Von diesen sind etwa 80 % an Neubauten und ca. 20 % am Gebäudebestand aufgetreten.

Weitere Ausführungen zur Analyse der Kosten sind bei JUNGWIRTH [77] zu finden. Dieser bezieht sich auf Quellen der Universität Göteborg aus dem Jahre 1989.

Zur Aussagekraft der bisherigen Forschungsarbeiten muss auf folgende Punkte hingewiesen werden:

- die Schätzungen basieren auf älteren Untersuchungen und unsicheren Datenmengen,
- eine durchgängige Systematik wurde nicht zugrunde gelegt,
- bauteilbezogene Kostenbetrachtungen wurden nicht vorgenommen,
- die Tatsache, dass meist mehrere Ursachen zu Schäden führen (Ursachengefüge, Kausalkette), wurde nicht berücksichtigt.

Diese Fakten schränken die Verwertbarkeit der Ergebnisse ein.

Um angesichts der unzureichenden Datenlage zu weiterführenden Erkenntnissen zu gelangen, wird im folgenden zunächst eine Einteilung der Bauteilgruppen vorgestellt.

¹⁹ Definition nach Statistischem Bundesamt [118]

2.2 Schadensanfälligkeit verschiedener Bauteilgruppen

Die Betrachtungen zur Schadensanfälligkeit in der Literatur beinhalten nicht nur Bauschäden sondern auch die zugrunde liegenden Baumängel.

Als Voraussetzung für eine Bauschadensstatistik hat sich in der Literatur die Klassifizierung nach Abb. 4 durchgesetzt. Diese erfolgt unter Einbeziehung der Untersuchungen von BARGSTÄDT/DANNECKER [9], SCHILD u.a. [111] und der durch das Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau beauftragten Forschungsarbeiten [17], [18], [19].

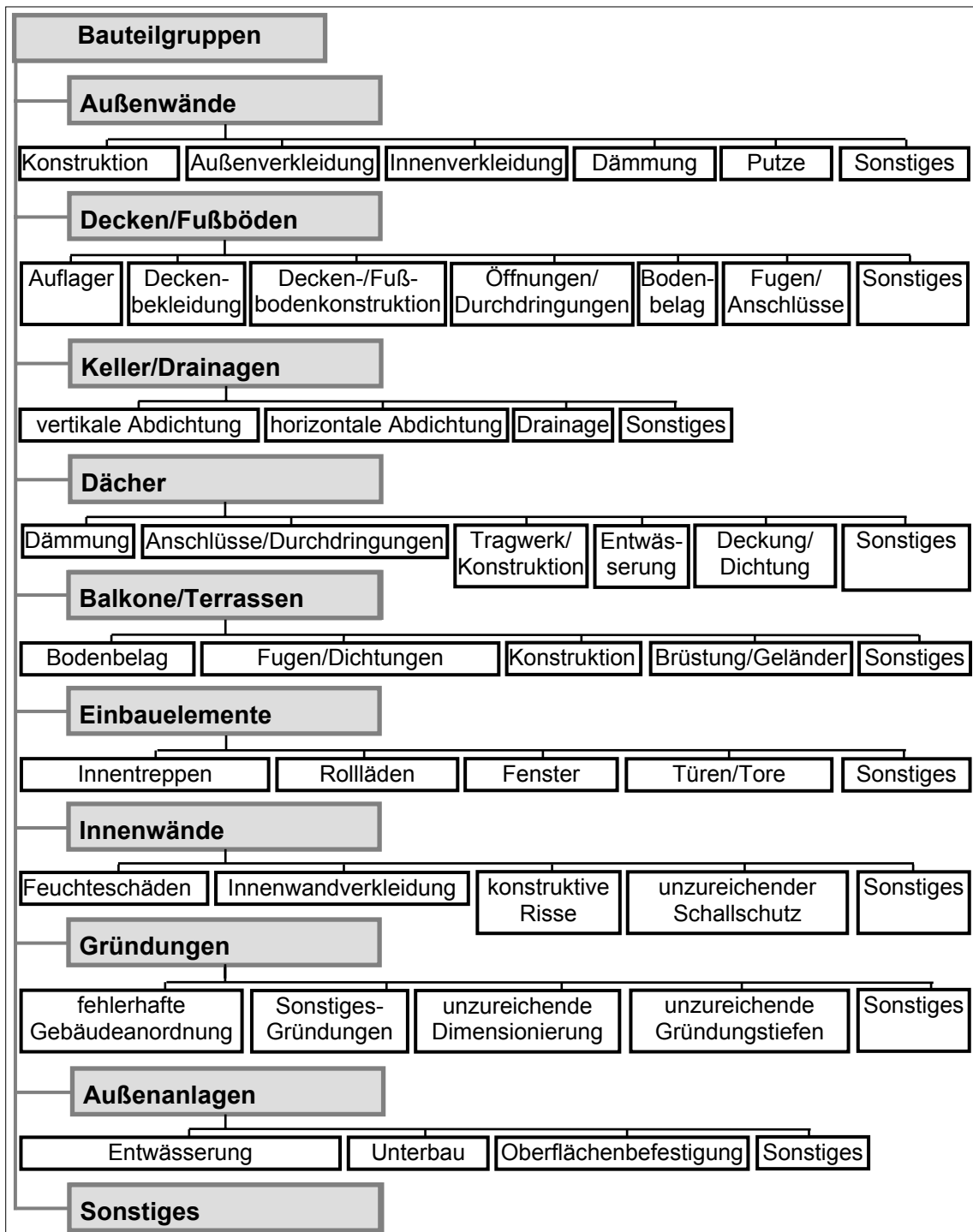


Abb. 4: Gliederung der Bauteilgruppen

Spezielle Technische Ausrüstungen wie Hebebühnen und völlig verschiedene Bauteile, werden in der Bauteilgruppe „Sonstiges“ berücksichtigt.

Um vergleichbare aussagekräftige Angaben zu erhalten, sind die in den folgenden Abbildungen erfassten Bauteilgruppen nach Abb. 4 normiert.

Die Veranschaulichung der Verteilung der Schadensfälle nach SCHILD u.a. [111] erfolgt in Abb. 5. Baumängel und –schäden an technischen Gebäudeausrüstungen, die er mit einem Anteil von 7,56 % ausgewiesen hat, sind herausgerechnet.

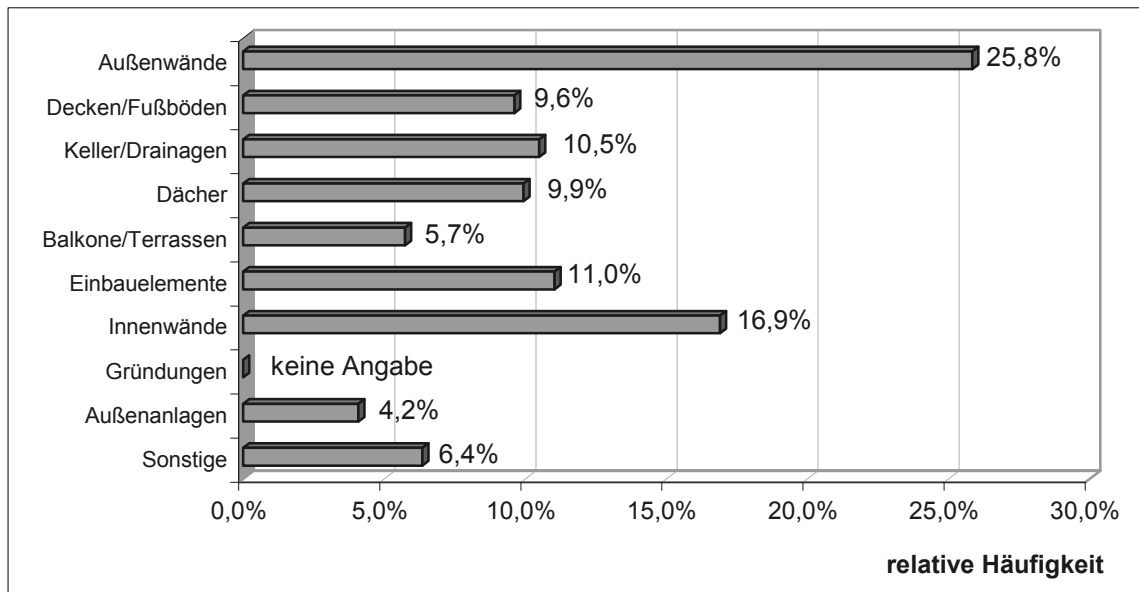


Abb. 5: Normierte relative Verteilung der Baumängel und –schäden auf Bauteilgruppen im Zeitraum 1965-1972 (SCHILD u.a. [111])

Die im Jahr 1988 im Zweiten Bericht über Schäden an Gebäuden [17] angegebene Verteilung der Schäden ist in Abb. 6 wiedergegeben. Auch hier wurden Baumängel und –schäden an technischen Gebäudeausrüstungen, in [17] als haustechnische Anlagen bezeichnet und mit 4 % ausgewiesen, herausgerechnet Abb. 6.

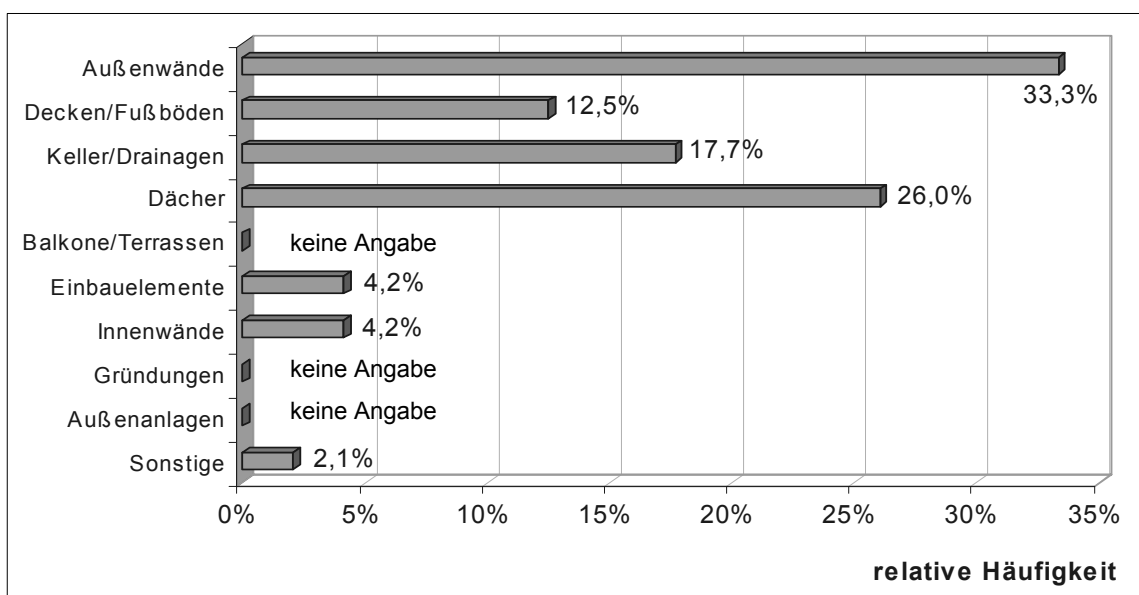


Abb. 6: Normierte relative Verteilung der Baumängel und –schäden auf Bauteilgruppen im Zeitraum 1975-1985 (BMBau [17])

Abb. 7 gibt einen Überblick über die prozentuale Verteilung der von der AIA in den Jahren 1986 und 1987 ausgewerteten 1.456 Schäden. (BMBau [18]) Die geringfügige Abweichung von 100 % wurde aus [18] übernommen.

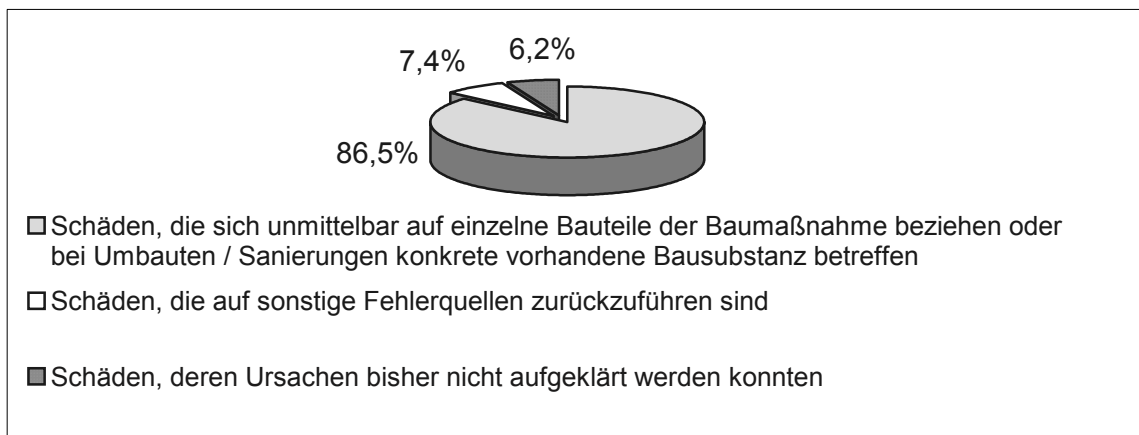


Abb. 7: Unterteilung der betrachteten Schäden nach Bauteilen bzw. Ursachen (AIA [18])

Die modifizierte Auswertung erfolgt in Abb. 8. Schadensfälle an technischen Gebäudeausrüstungen, nach AIA als Haustechnik bezeichnet, haben einen Anteil von 4 %. Der Prozentsatz für das „Zusammentreffen mehrerer völlig verschiedener Bauteile“ beträgt nach AIA 10,44 %. Die 4% und die 10,44% wurden herausgenommen, der Rest nach Abb. 4 in Abb. 8 normiert.

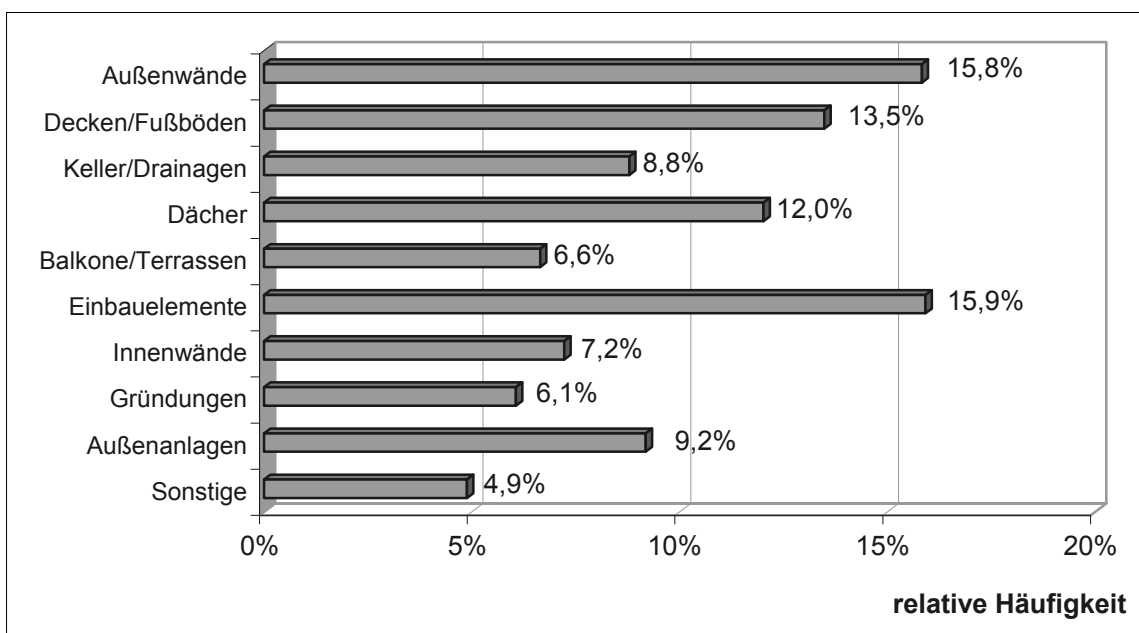


Abb. 8: Normierte relative Verteilung der Baumängel und -schäden auf Bauteilgruppen im Zeitraum 1986-1987 (AIA [18])

Abb. 9 zeigt die Verteilung der Schadensfälle auf die einzelnen Bauteilgruppen und nach der Baumaßnahme (Neubau oder Sanierung/Instandsetzung) in Anlehnung an ABEL u.a. [1], auch enthalten im 3. Bauschadensbericht [19].

Abb. 9 wurde ebenfalls nur bezogen auf die in Abb. 4 genannten Bauteilgruppen normiert.

Nach Angabe des 3. Bauschadensberichtes [19] weicht die Schadensverteilung bei Arbeiten im Bestand nur unerheblich von der Schadensverteilung bei Neubauten ab.

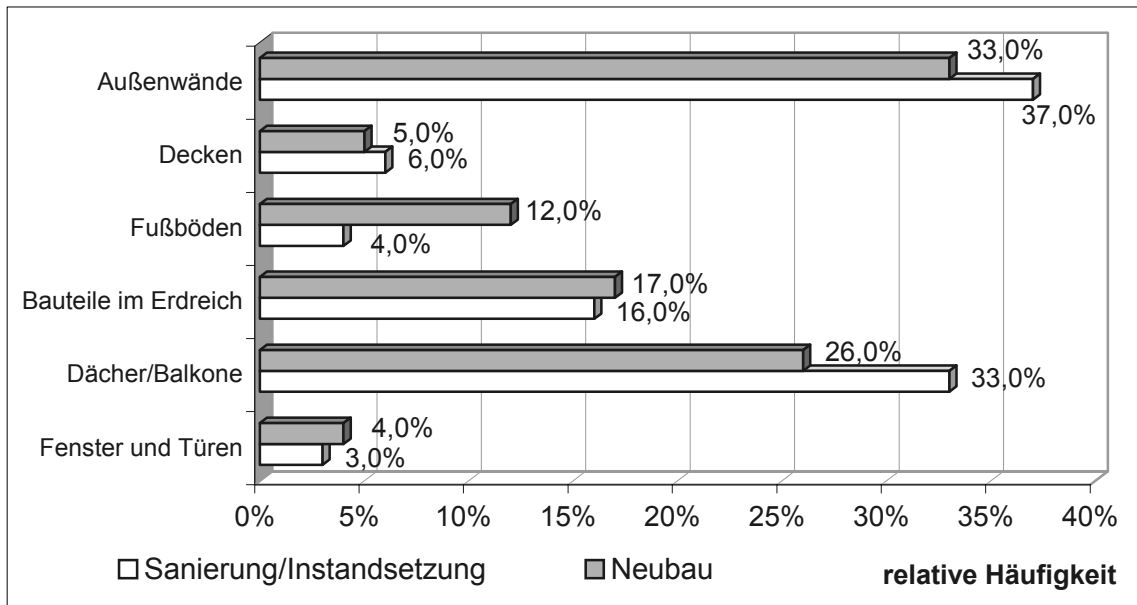


Abb. 9: Relative Verteilung der Baumängel und -schäden bei Sanierung und Instandsetzung im Vergleich zu Neubauarbeiten (ABEL u.a. [1] und BMBau [19])

Der höhere Prozentsatz von Schäden an Außenwänden bei Sanierungen ist im Wesentlichen auf Schimmelpilzbefall nach Fensteraustausch zurückzuführen. Schäden an Dächern und Balkonen entstehen sowohl durch mangelhafte Flachdachsanierungen als auch durch nicht fachgerechten nachträglichen Ausbau von geneigten Dächern. Die deutlich höheren Schäden an Fußböden im Neubaubereich sind in der Regel Schäden des schwimmenden Estrichs, der im Altbau im wesentlichen geringerem Umfang verwendet wird. [19]

Auf weitere, nicht detailliert im Rahmen dieser Arbeit ausgewertete Quellen kann wegen der Ähnlichkeit der Ergebnisse verzichtet werden.

2.3 Umfang der vermeidbaren Neubauschäden

Nach JUNGWIRTH [77] ist die Dunkelziffer der Fehlerkosten sehr hoch und liegt zwischen 4 und 12 % der Baukosten.

Abb. 10 beschreibt die Entwicklung der Bauschäden- und Baumängel im Zeitraum 1975–1992 (ab 1990/91 incl. neue Bundesländer) anhand von Daten aus den Forschungsarbeiten im Auftrag des BMBau [17], [19], [123].

Anmerkung zu Abb. 10: Die Daten von 1975-1984 sind dem 2. Bauschadensbericht [17], die Daten von 1985-1992 dem 3. Bauschadensbericht [19] entnommen. Bis 1984 wurde durch das BMBau als Preisbasis das Jahr 1982, ab 1985 das Jahr 1992 angenommen. Für die Abbildung erfolgte die Umrechnung auf die Preisbasis 1995.

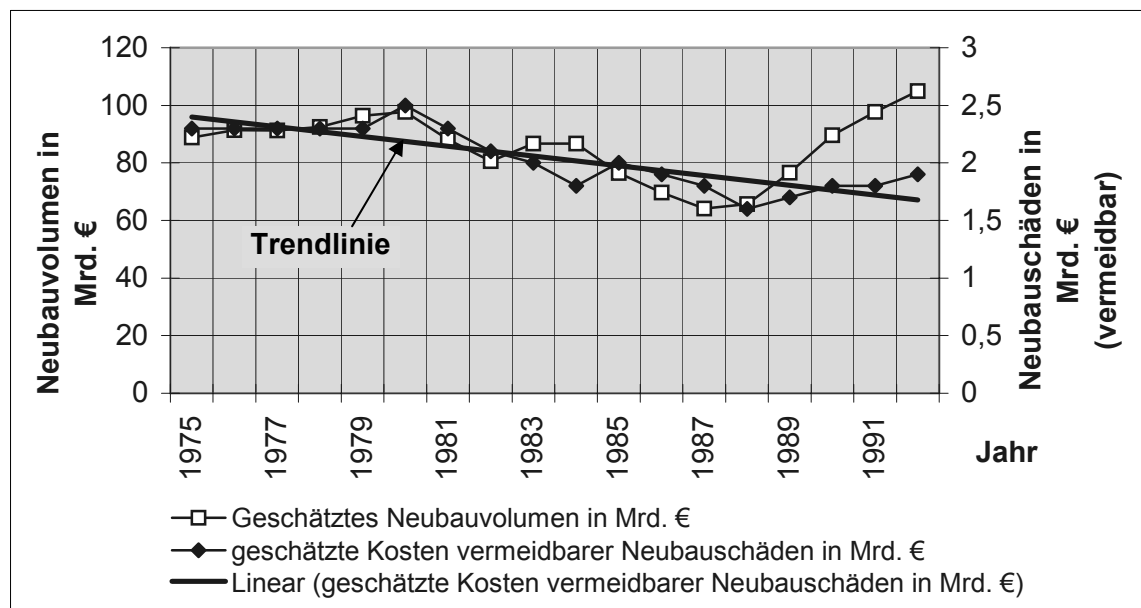


Abb. 10: Vermeidbare Neubauschäden (BMBau [17], [19])

Erkennbar ist ab dem Jahr 1988 eine Abnahme des Anteils der Kosten vermeidbarer Neubauschäden am Neubauvolumen.

Verdeutlicht wird die Entwicklung durch die Trendlinie zu den Neubauschäden.

Nach [17], [19] betrugen die Kosten zur Beseitigung von Schäden im Zeitraum 1975–1992 etwa 1,8 bis 2,8 % der Baukosten des Neubauvolumens.

2.4 Zeitliche Verteilung des Auftretens von Schäden

Die Zeitpunkte des Schadeneintritts sind aus Abb. 11 und Abb. 12 ersichtlich.

In Abb. 11 ist zu erkennen, dass ca. 88 % aller Schadensfälle während der ersten fünf Jahre nach Baufertigstellung auftreten. Etwa 80 % aller Schadensfälle werden in den ersten vier Jahren beobachtet. Der Anteil in den ersten zwei Jahren beträgt etwa 55 %.

Eine Betrachtung der Schäden während der Bauzeit wurde in Abb. 11, zur besseren Vergleichbarkeit mit Abb. 12, entgegen der Ausführung in AIA [18] herausgerechnet.

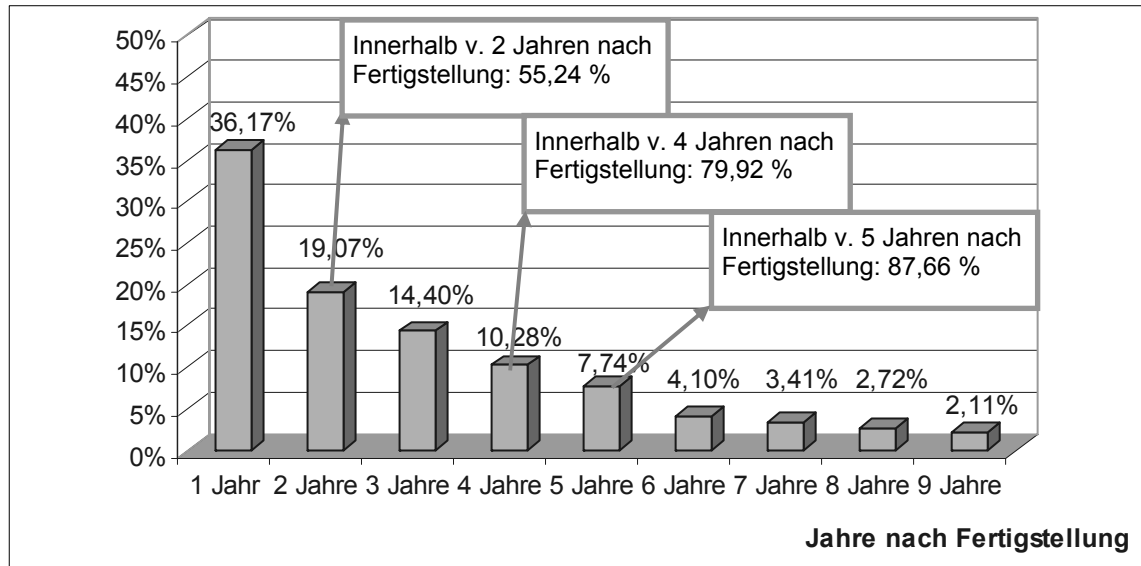


Abb. 11: Anteilige Verteilung der Schäden nach Schadenszeitpunkt (BMBau/AIA [18])

Das zeitliche Auftreten der Schäden und Mängel nach BMBau/AIA [18] entsprechend Abb. 11 (dort auch ohne eindeutige %-Angabe), spiegelt annähernd die Verteilung aus [19] nach Abb. 12 wieder.

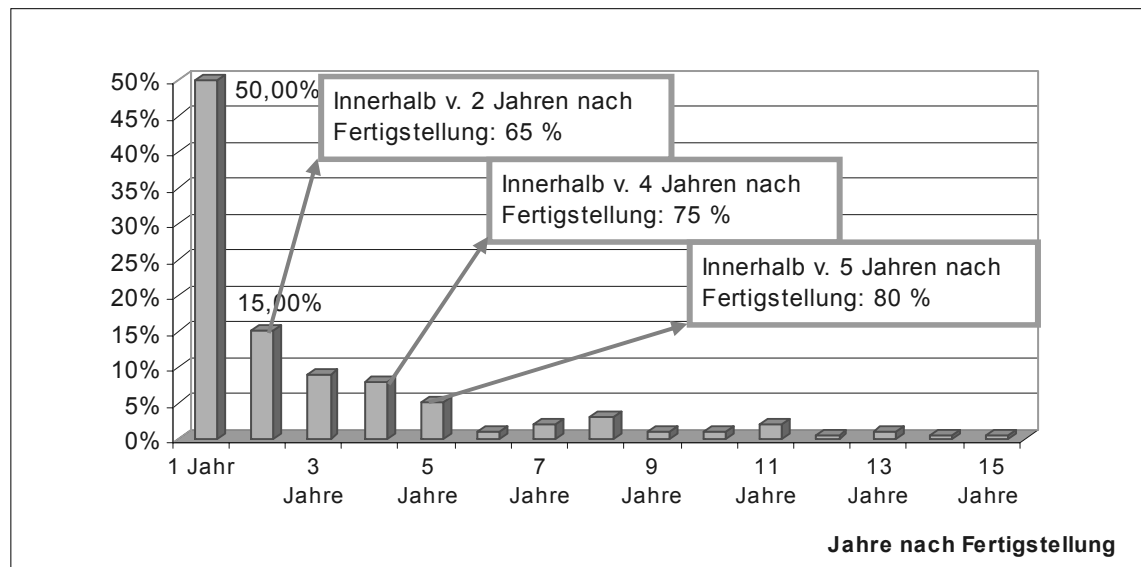


Abb. 12: Anteilige Verteilung der Schäden nach Schadenszeitpunkt (BMBau, Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden [19])

Die Anzahl der Schäden und deren zeitliche Verteilung lassen auf sinnvolle Verjährungsfristen nach BGB [28] aber auch VOB [80] schließen.

2.5 Ursachen von Baumängeln und Bauschäden

Ursachen von Baumängeln und Bauschäden sind Fehler während der Herstellung.

Den Herstellungsfehlern liegen nach JUNGWIRTH [77] folgende Fehlergruppen zugrunde:

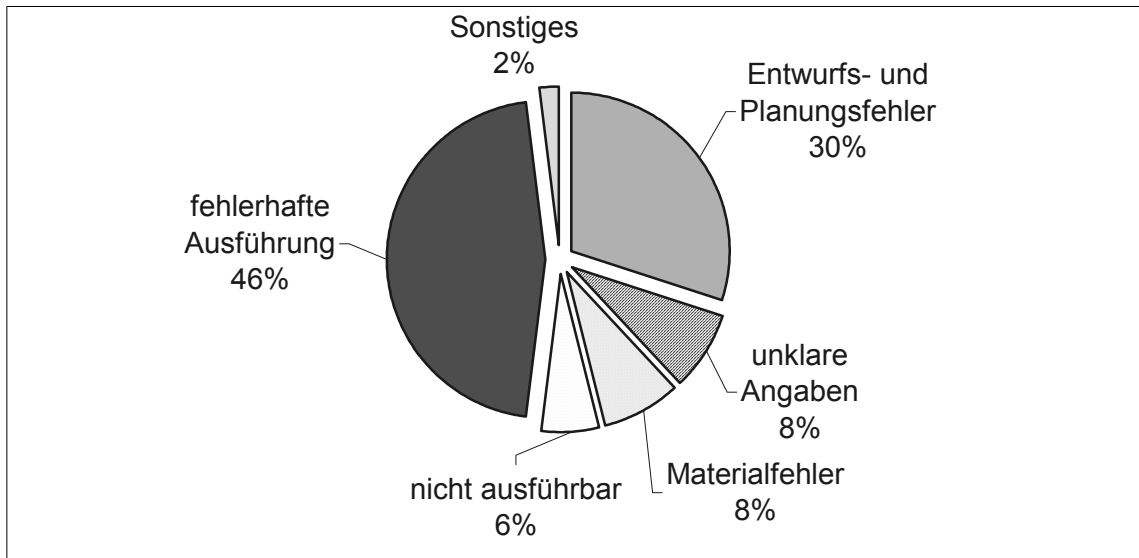


Abb. 13: Anteilige Fehlergruppen als Ursachen der Aufwendungen für die Beseitigung von Herstellungsfehlern (JUNGWIRTH [77])

JUNGWIRTH bezieht sich bei seinen Untersuchungen im Jahr 1996 auf Forschungen an der Universität Göteborg aus dem Jahre 1989. Es ist erkennbar, dass fehlerhafte Ausführung sowie Entwurfs- und Planungsfehler, wesentliche Ursachen der Aufwendungen sind.

Differenzierte Ursachen für Behebungsaufwendungen einer fehlerhaften Ausführung sind nach JUNGWIRTH [77]:

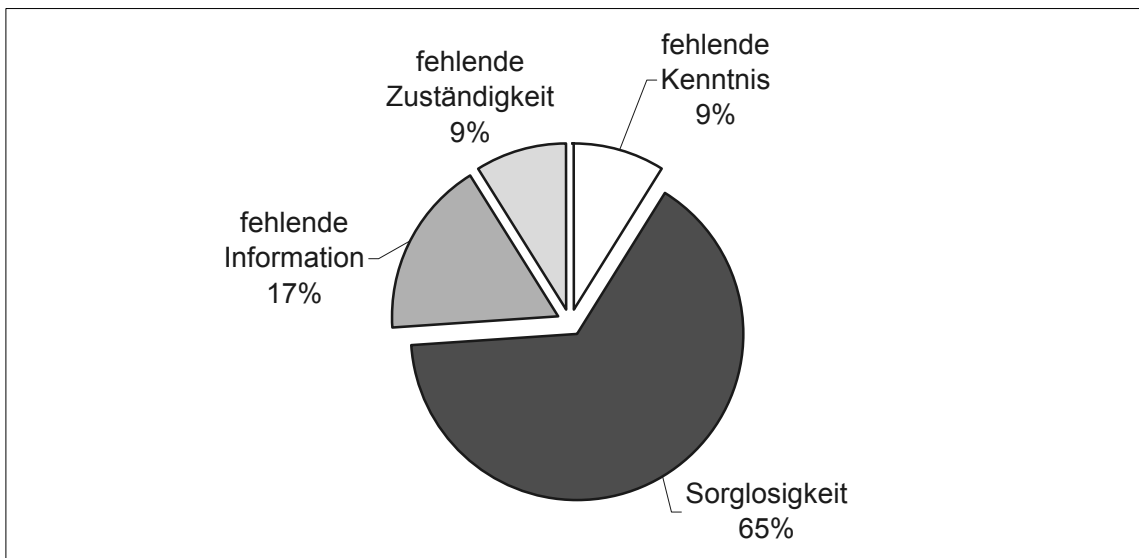


Abb. 14: Ursachen für Beseitigungskosten der fehlerhaften Ausführung (JUNGWIRTH [77])

Die in Abb. 15 dargestellten Bauschadensursachen der Architekt-Ingenieur-Assekuranz GmbH (AIA) [18] beziehen sich auf Bauschäden und -mängel, bei denen Architekten/Ingenieure beteiligt sind.

Planungsfehler sind danach Fehler bei der Grundlagenermittlung, Vorplanung, Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung und Ausführungsplanung. Schäden, die aus mangelhafter Ausführung resultieren, sind hier als Bauleitungsfehler erfasst, wenn der Architekt/Ingenieur die fehlerhafte Werkleistung übersehen oder ausdrücklich angeordnet hatte. Die Fraktile der Planungs- und Bauleitungsfehler beinhalten das Zusammentreffen von Planungs- und Bauleitungsfehlern.

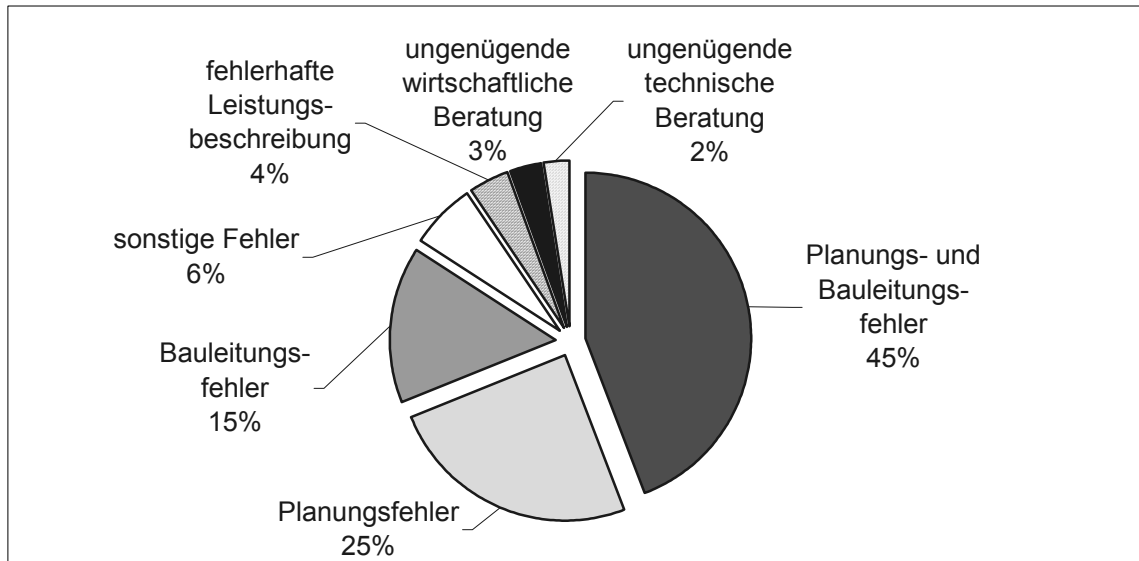


Abb. 15: Verteilung der Bauschadensursachen (BMBau/AIA [18])

Einem Baumangel/-schaden liegen in den meisten Fällen nicht nur eine, sondern mehrere Ursachen zugrunde. SCHILD [111] berücksichtigt pro Schaden zwei mögliche Ursachen, Ursachenkombinationen werden nicht einbezogen. Innerhalb seiner Erhebung (vgl. Abschnitt 2.1) sind 1.191 Angaben zu Ursachen gemacht worden. Diese sind in Abb. 16 dargestellt.

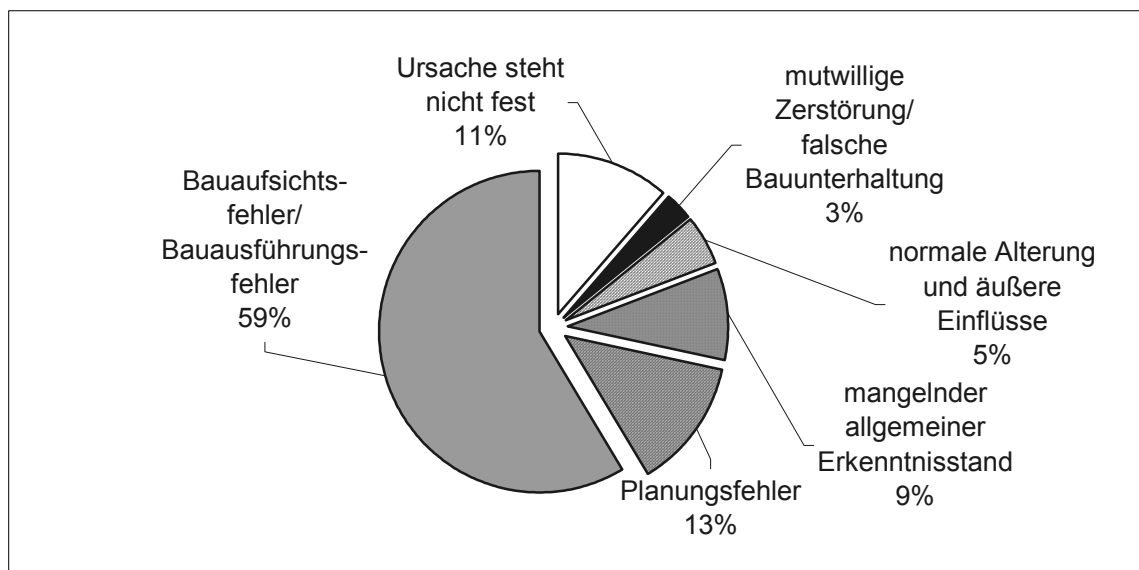


Abb. 16: Verteilung der Bauschadensursachen nach SCHILD/OSWALD/ROGIER [111]

Im Dritten Bericht über Schäden an Gebäuden [19] sind zu den technischen Ursachen keine Angaben enthalten. Da sich der Bericht vor allem auf die 1991 durchgeführte Umfrage „Bauschadensschwerpunkte bei Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen“ des Aachener Instituts für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik (AlBau [98]) bezieht, werden deren Angaben herangezogen.

In Abb. 17 erfolgt eine Unterscheidung zwischen Ausführungs-, Planungs-, Material- und Nutzungsfehlern, wobei bei der Ursachennennung auch Mehrfachangaben möglich sind.

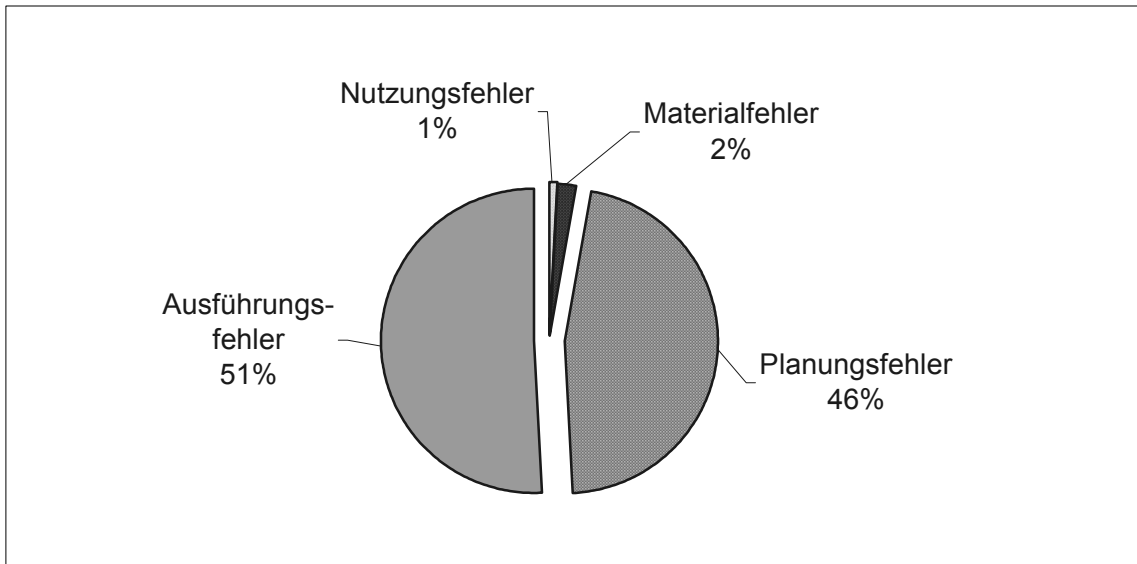


Abb. 17: Verteilung der Bauschadensursachen (OSWALD/RICHTER-ENGEL/WILMES [98])

Über die Befragung von 722 Unternehmen der Baubranche im Auftrag der VHV-Versicherung (VHV) [68], konnten durch MAIRE' (siehe [89]) die in Abb. 18 aufgeführten Gründe für Mängel und Schäden an Bauleistungen nach der Abnahme ermittelt werden.

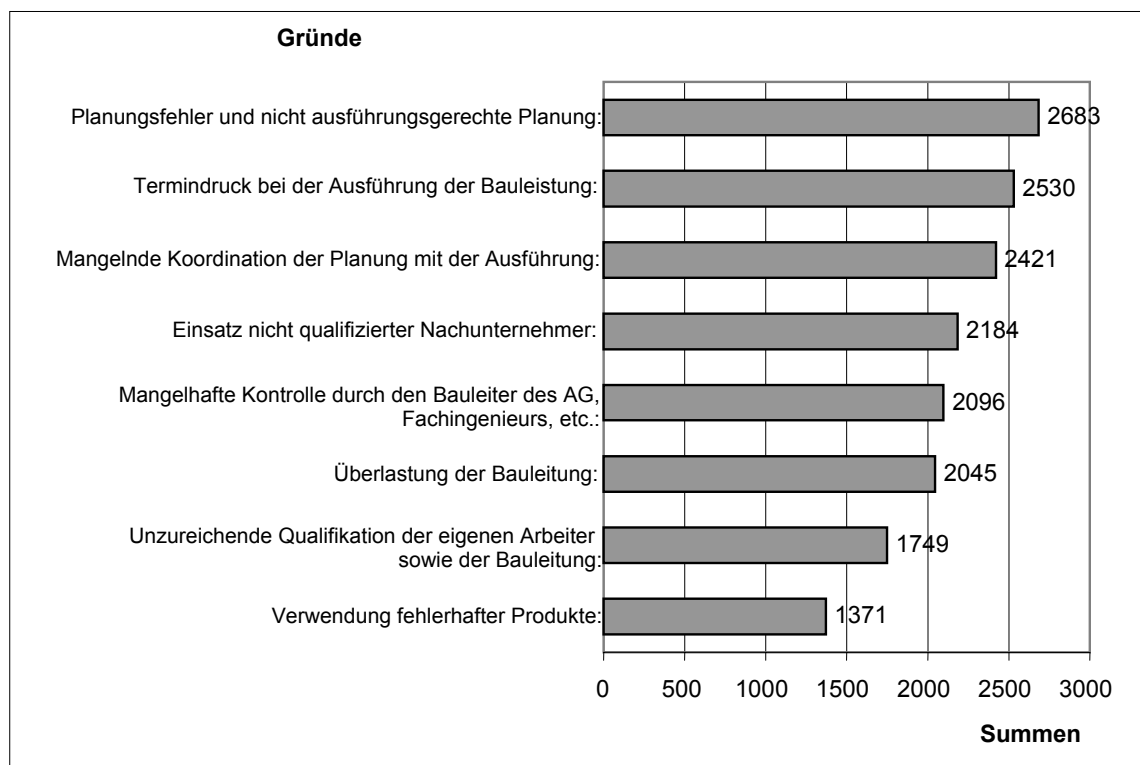


Abb. 18: Gründe für Mängel und Schäden an Bauleistungen (VHV [68] und MAIRE' [89])

Anmerkung zur Bewertungsmethode, Abb. 18: Pro Nennung der 1. Prioritätsstufe wurden 9 Punkte vergeben. Der Grund mit dem nach Meinung der Unternehmen geringsten Einfluss bekam nur einen Punkt. Die Position „sonstige“ wurde bei den Summen entsprechend Abb. 18 nicht berücksichtigt.

Die Autoren leiten ab, dass - außer der Verwendung fehlerhafter Produkte²⁰ - alle Gründe, die zu Baumängeln und -schäden führen, durch zunehmenden verschärften Wettbewerb negativ beeinflusst werden.

²⁰ Ein Produkt ist das Ergebnis eines Prozesses. (DIN EN ISO 9000 [51])

2.6 Zusammenfassung zu bisherigen Bauschadensuntersuchungen

1. Die Auswertung der Literatur zu Baumängeln/-schäden führt aufgrund der unsicheren Datenbasis lediglich zu unscharfen Ergebnissen. (vgl. Abschnitt 2.1)
2. Es bleibt zweifelhaft, ob Kosten vermeidbarer Neubauschäden in Höhe von 1,8 % bis zu 2,8 % des Neubauvolumens tendenziell abnehmend sind. (vgl. Abschnitt 2.3)
3. Voraussetzung für wissenschaftliche Auswertungen von Baumängeln und Bauschäden ist deren standardisierte Erfassung.
4. Die zeitliche Verteilung des Auftretens der Schäden bestätigt die aktuellen Regelungen zur Verjährungsfrist für Mängel an Bauwerken. (vgl. Abschnitt 2.4)
5. Der Anteil der Materialfehler an den Ursachen für Baumängel und Bauschäden ist mit 2 bis 8 % relativ gering. (vgl. Abschnitt 2.5)
6. Ausführungsfehler haben an den Baumängeln und Bauschäden einen Anteil von rd. 46 % - 59 %. Planungsfehler von 13 - 46 %. (vgl. Abschnitt 2.5)
7. Wesentliche Ursache für Ausführungsfehler ist Sorglosigkeit der Ausführenden²¹. (vgl. Abschnitt 2.5)
8. Der große Anteil der Ausführungsfehler, ihre zeitliche Verteilung sowie der Behebungsaufwand unterstreichen nachdrücklich die Notwendigkeit der Qualitätssicherung am Ort der Bauausführung. (vgl. Abschnitt 2.4)
9. Der hohe Anteil von Fehlern im Bauausführungsprozess verlangt nach einem Qualitätssicherungssystem in der Bauausführung. (vgl. Abschnitt 2.5)

²¹ Ausführende sind die für die Ausführungsqualität primär am Ort der Leistungserbringung verantwortlichen Beschäftigten.

3 GRUNDLAGEN DER QUALITÄTSSICHERUNG IN DER BAUAUSFÜHRUNG

3.1 Einführung

3.1.1 Qualität, Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung

Qualität ist zunächst als „Beschaffenheit, Güte und Wert“ definiert. (DUDEN [59])

Eine weitergehende Definition ist nach ISO 9000 [51] zu finden. Diese Norm beschreibt Grundlagen und Begriffe für Qualitätsmanagementsysteme.

Qualität wird als Grad bezeichnet, in dem ein Satz inhärenter²² Merkmale Anforderungen erfüllt.

Anforderung ist dabei eine Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist. „Üblicherweise vorausgesetzt“ bedeutet, dass es für die Organisation, ihre Kunden und andere interessierte Parteien üblich oder allgemeine Praxis ist, dass das entsprechende Erfordernis oder die entsprechende Erwartung vorausgesetzt ist. [51]

Qualitätssicherung ist ein Teil des Qualitätsmanagements, der auf das Erzeugen von Vertrauen darauf gerichtet ist, dass die Qualitätsanforderungen erfüllt werden. (DIN EN ISO 9000 [51])

Nach SCHNEIDER [113] ist Aufgabe der Qualitätssicherung sicherzustellen, dass alle die Qualität eines Bauwerks beeinflussenden Aktivitäten

1. sich auf klar definierte Grund-Anforderungen in Bezug auf Nutzungs- und Umwelt-Bedingungen stützen,
2. korrekt ausgeführt werden durch kompetentes und gut instruiertes Personal in Übereinstimmung zu voraus erarbeiteten Plänen und festgelegten Verantwortlichkeiten, und dass diese
3. in angemessener Form dokumentiert werden.

Hinter jeder Qualitätssicherung muss die Qualitätsphilosophie stehen: "Je früher ein Fehler erkannt wird, desto geringer sind seine Auswirkungen, und je geringer die Verzögerung im Arbeitsablauf durch die Selbstprüfung, desto wirkungsvoller ist sie." (vgl. MASING [90])

Qualitätsmanagement beinhaltet aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich der Qualität. (DIN EN ISO 9000 [51])

Leiten und Lenken bezüglich der Qualität umfassen u.a. die Qualitätssicherung und die Qualitätsverbesserung.

Qualitätsverbesserung ist ein Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Erhöhung der Fähigkeit zur Erfüllung der Qualitätsanforderungen gerichtet ist. (DIN ISO 9000 [51])

²² „Inhärent“ bedeutet „einer Einheit innewohnend“, insbesondere als ständiges Merkmal.

3.1.2 Entwicklung der Qualitätssicherung

Güter gleicher Art nach ihrer Qualität zu differenzieren, ist eine für intelligente Wesen spezifische Fähigkeit. Kritik und Begabung zur komparativen Bewertung sind - ebenso wie die Beachtung bestimmter Normen - die unerlässlichen Voraussetzungen. Erst sie erlauben Prüfung und Kontrolle einer zuvor erkannten und fortan geforderten Qualität.

Die stationäre Industrie hat frühzeitig (vgl. Abschnitt 1.1) damit begonnen, ihre Produktionsabläufe so zu strukturieren, dass fehlerhafte Teile früh genug erkannt und Schäden vermieden werden.

Alle Linien- und Endprüfungen erfolgen im Herstellungsprozess. Die in diesem Prozess jeweils Zuständigen übernehmen transparent die Verantwortung für die Qualität. Das führt zu einem hohen Grad der Identifikation mit dem Resultat der Arbeit. (HAIST/FROMM [67]) Fehler werden so nah wie möglich am Ort der Entstehung festgestellt.

Diese Kenntnisse stammen nach MASING [90] bereits aus der Mitte des 19. Jahrhunderts, als die entstandene Industrie große Mengen von Waren produzierte. Messinstrumente, mit denen Güter nach ihren Eigenschaften verglichen werden, wurden geschaffen.

Im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts bildeten sich in den USA statistische Methoden²³ der Qualitätskontrolle heraus.

Den Durchbruch erzielte der US-Amerikaner W. A. Shewart im Jahr 1931. Mit seinen Methoden der Stichprobenziehung und -auswertung durch Einführung von Qualitätsregelkarten²⁴ reduzierte er bei Western Electric, bei gleichzeitiger Verbesserung der Kontrollergebnisse, das Kontrollpersonal von 5000 auf 2000 Personen. Aus der Kenntnis der Schwankungen, denen jeder Herstellprozess unterliegt, kann durch Überwachung einzelner Prozessparameter und durch Analyse von Stichproben auf die Qualität der Gesamtheit geschlossen werden. Bestimmte geringe Fehlerquoten wurden als „durch die Gesetzmäßigkeit des Herstellprozesses bedingt“ angesehen und toleriert.

Gegen Ende des zweiten Weltkriegs wurde diese Logik von Edward W. Deming und Joseph M. Juran, ebenfalls zwei bei Western Electric beschäftigten Statistikern angezweifelt. Sie hatten erkannt, dass Qualitätssicherung wirtschaftlicher durchzuführen wäre, wenn die Prüfschritte in die Herstellschritte integriert und in der Planungsphase Vorbeugungsmaßnahmen getroffen werden. Das hätte bedeutet, dass die Arbeiter die Verantwortung für die von ihnen produzierte Qualität übernehmen, was bis dahin an die Qualitätskontrolle delegiert worden war. In Amerika fanden Deming und Juran kein Gehör.

Nach dem zweiten Weltkrieg holte Japan ausländische Experten für den Wiederaufbau ins Land, darunter auch die Qualitätsexperten Deming und Juran. Die Ideen, alle Anstrengungen in Fehlervermeidungs- und Vorbeugungsmaßnahmen zu stecken,

²³ Eine Methode ist ein wissenschaftlich planmäßiges und folgerichtiges Verfahren, eine Art des Vorgehens. (vgl. DUDEN [58])

²⁴ Hilfsmittel welche den Verlauf der Fertigung grafisch dokumentieren. Die Stichprobendaten werden in übersichtlicher Form dargestellt und bieten unmittelbare Informationen über das Qualitätsniveau. Als Kennwerte können z.B. der Mittelwert, der maximale Wert, die Streuung der Werte und ein Trend im Werteverlauf ermittelt werden.

fanden in Japan schnell Interesse. Der Ansatz, dass diese Vorkehrungen nicht auf technische Gebiete beschränkt bleiben dürften, sondern organisatorische und personelle Aspekte und ganz besonders die Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter einschließen müssen, wurde umgesetzt.

Es entstanden die Philosophie der kontinuierlichen Verbesserung (**Kaizen**, vgl. Abschnitt 4.1.1) und die Marktstrategie, Qualität gezielt als Wettbewerbsfaktor auszunutzen. Erkannt wurde, dass durch gezieltes Qualitätsmanagement billiger produziert werden konnte und über hohe Kundenzufriedenheit Marktanteile zu gewinnen sind.

Die Idee, Qualitätsbewusstsein in die Köpfe der Menschen zu bringen und zu einer verbindlichen Verhaltensnorm zu machen, ist der Mentalität der Japaner entgegen gekommen. Total Quality Management Programme, Kaizen und Poka Yoke wurden in Japan "erfunden" und systematisch praktiziert.

In Amerika wurde im Jahr 1963 für die Luft- und Raumfahrtindustrie der USA (NASA) die **FMEA** (Failure Mode Effects Analyse, vgl. Abschnitt 4.1.1) entwickelt. Damit konnte die systematische Fehlervermeidung unter Berücksichtigung einer Priorisierung unterstützt werden.

Gleichzeitig fanden in Amerika noch weitere Entwicklungen statt. Unter dem Einfluss von Consumerism (Verbraucherschutzbewegung) und Produkthaftung hatte sich ein Trend von der Qualitätsversicherung zur Qualitätssicherung vollzogen. Ausgangspunkt dafür war, dass sich die Lieferanten gegen die hohen Gewährleistungsforderungen bei Produktmängeln versichern lassen wollten. Die Versicherungsgesellschaften vermissten Methoden zur Risikobeurteilung von Qualitätsmängeln.

Beide Seiten suchten nach Systemen, mit denen der gesamte Wertschöpfungsprozess beherrscht werden könnte. Dabei rückten organisatorische Fragen in den Vordergrund. Allerdings war der Lösungsansatz hier, die Abläufe durch systematisches Vorgehen unter Kontrolle zu bringen. Es wurde begonnen, die Anforderungen zu normen, die ein Unternehmen erfüllen musste, um akzeptable Qualitätssicherung zu betreiben.

1968 brachte die amerikanische Gesellschaft für Qualitätssicherung den ASQP-Standard C1 heraus (Specification of General Requirements for a Quality Program). Über die Nato kamen die AQAP Normen nach Europa. Anfang der siebziger Jahre wurden Qualitätssicherungsnachweise in einigen Produktzweigen (Dampfkessel, Druckbehälter) bzw. Branchen (z.B. für Industrieanlagen in Norwegen nach schweren Unfällen auf den Nordseebohrinseln) gesetzlich vorgeschrieben.

In Japan wurde 1977 die Entwicklung des Poka Yoke abgeschlossen. Mit Hilfe von Poka Yoke wird durch meist einfache, aber wirkungsvolle Systeme dafür gesorgt, dass Fehlhandlungen im Fertigungsprozess nicht zu Fehlern am Endprodukt führen bzw. nicht unentdeckt bleiben.

In den 70er Jahren entstand weltweit eine Vielzahl von Qualitätssicherungsvorschriften, insbesondere auch dadurch, dass Großkonzerne sich die Eingangsprüfung auf zugelieferte Halbfertigzeuge sparen wollten und ihren Zulieferern ihr Konzern-Qualitätssicherungssystem vorschrieben. Der Aufwand der Konzerne beschränkte sich dann darauf, dieses Qualitätssicherungssystem beim Lieferanten zu

auditieren²⁵. Folge war, dass ein Lieferant drei bis vier unterschiedliche QS-Systeme für die jeweiligen Großkunden implementieren musste.

Angesichts der Vielzahl von Qualitätssicherungssystemen wurde im Jahr 1985 von der internationalen Normungsorganisation ISO die ISO 9000 ff Reihe entwickelt. Die ISO ist eine branchenneutrale Norm für ein Qualitätssicherungssystem, für die ein Unternehmen ein weltweit gültiges Zertifikat²⁶ (ISO-Zertifizierung²⁷) erlangen kann. Die ISO 9000 ff Reihe löste ab Ende der 80er Jahre einen regelrechten Zertifizierungs-Boom aus, der von der Europäischen Union unterstützt wurde, da diese der Zertifizierung eine Schlüsselstellung in der Harmonisierung des Binnenmarktes zuschrieb.

Seit der ersten Ausgabe der ISO 9000 ff Grundnormen haben sich auch die Managementsysteme einschließlich der integrierten Qualitätssicherungssysteme entwickelt.

Der Entwicklung des Qualitätsgedankens, wie in Abb. 19 gezeigt, wurde mit dem Ersatz des Begriffs „Qualitätssicherung“ durch „Qualitätsmanagement“ als Oberbegriff des Qualitätswesens in den einschlägigen Normen (z.B. DIN EN ISO 9000) ab 1994 Rechnung getragen.

Das aktuelle Normenkonzept der DIN ISO-9000-Familie vertritt den prozessorientierten Ansatz, Abb. 19.

Die DIN ISO-9000-Familie (DIN EN ISO 9000, DIN EN ISO 9001 [52], DIN EN ISO 9004 [53] und DIN ISO 19011 [54]) wurde entwickelt, um Organisationen jeder Art und Größe beim Verwirklichen von und beim Arbeiten mit wirksamen Qualitätsmanagementsystemen zu unterstützen. Die DIN ISO-9000 Familie, im weiteren als ISO 9000 bezeichnet, besitzt auch für das Bauwesen Gültigkeit.

Prozessorientierte Qualitätsmanagementsysteme sollen so strukturiert sein, dass der Nutzen für den Kunden und für das eigene Unternehmen im Mittelpunkt aller Tätigkeiten steht. Hierzu müssen im Unternehmen Regeln vereinbart und deren Einhaltung kontrolliert werden. Die Regeln werden im Zuge der Überarbeitung ständig verbessert. So wird ein zuverlässiger Ablauf der Unternehmensprozesse garantiert. Dieser stellt gleichzeitig die Basis zur Erzeugung der vereinbarten Bauwerksqualität dar.

Die Einführung und Aufrechterhaltung eines Managementsystems nach ISO 9000 ist auf ständige Qualitätsverbesserung ausgerichtet, indem es die Erfordernisse aller interessierten Parteien berücksichtigt.

²⁵ Ein Audit ist ein systematischer, unabhängiger und dokumentierter Prozess zur Erlangung von Auditchriften und zu deren objektiver Auswertung, um zu ermitteln, inwieweit Auditkriterien erfüllt sind. (DIN ISO 9000 [51])

²⁶ Ein Zertifikat ist nach DIN 18200 [45] eine Bescheinigung, mit der bestätigt wird, dass das Bauprodukt

- den zugrunde liegenden Technischen Spezifikationen entspricht,
- einer werkseigenen Produktionskontrolle sowie
- einer Fremdüberwachung unterliegt.

²⁷ Die Zertifizierung umfasst die Feststellung der Übereinstimmung des Bauprodukts mit den zugrunde liegenden Technischen Spezifikationen anhand der Beurteilung und abschließenden Bewertung der Ergebnisse der Fremdüberwachung sowie die Erteilung eines Zertifikates durch eine unparteiische Stelle. (DIN 18200 [45])

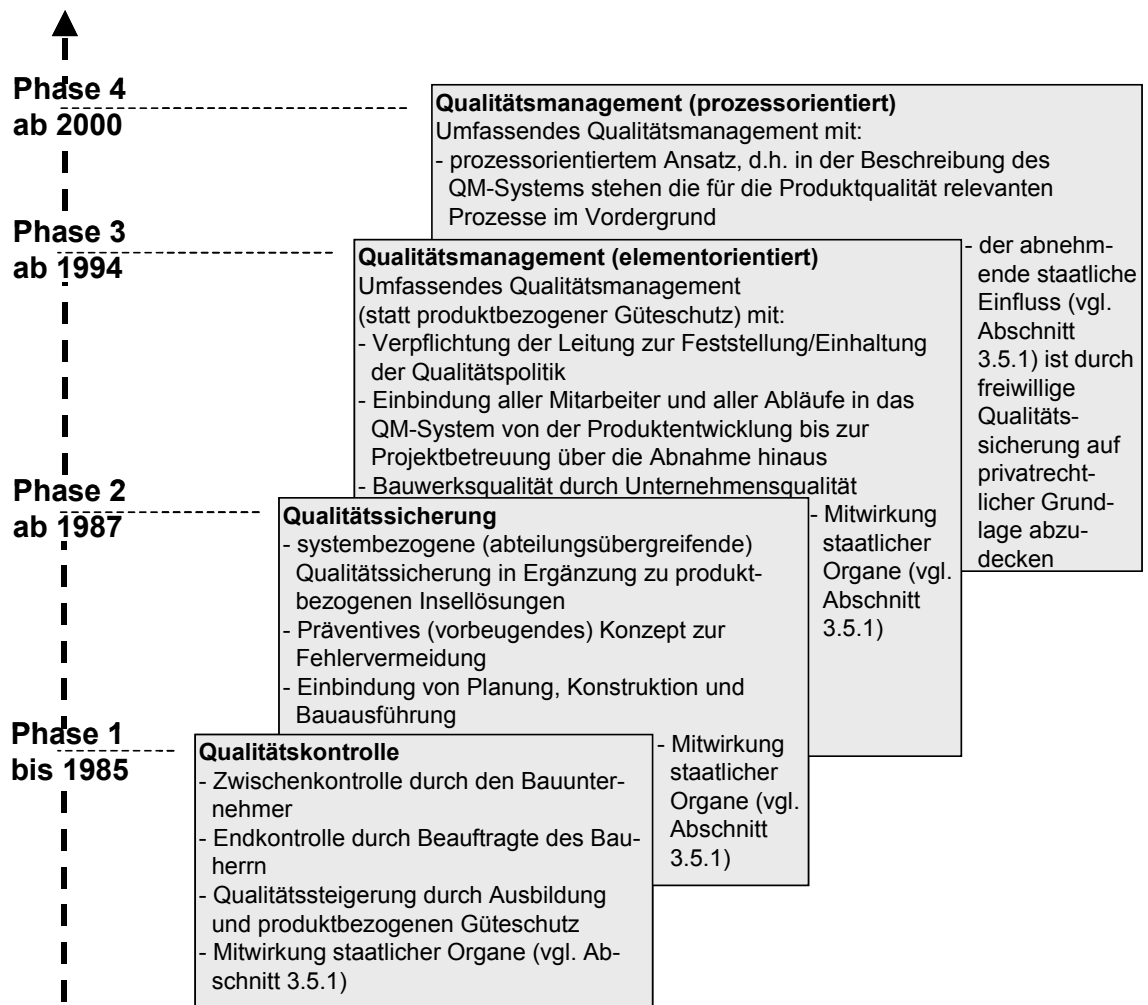


Abb. 19: Entwicklung des Qualitätsgedankens im Bauwesen (aufbauend auf SCHIELER [110])

Im Gegensatz zur stationären Industrie tat sich, wie im folgenden Abschnitt 3.4 dargestellt, die Bauindustrie in ihrer Entwicklung schwer, ein Qualitätsmanagementsystem zu erstellen, welches die Qualitätssicherung der Bauprodukte im Bauprozess umsetzt.

3.2 Besonderheiten der Bauproduktion

Gegenüber der stationären Industrie gibt es in der Bauindustrie, vgl. z.B. KLÄRNER und SCHWÖRER [82] sowie PAUSE [101], folgende Besonderheiten:

- Die Herstellung jedes Bauwerks ist eine einmalige Aufgabe; d.h. von Bauwerk zu Bauwerk ändern sich Rahmenbedingungen wie Ort, Kreis der Beteiligten, Witterungsablauf, Baugrund.
- Durch sich ändernde Rahmenbedingungen treten u.a. Änderungen in den Qualitätsvorgaben, der Planung und den Leistungskenngrößen auf.
- Das Bauwerk ist an den Standort gebunden. Materialien, Geräte und Personal müssen zum Bauwerk gebracht werden.
- Die Bauwerke sind in der Regel sehr langlebig ausgelegt.
- Für den Marktteilnehmer besteht nur eine unzureichende Markttransparenz durch wenig öffentliche Bekanntgabe der Preise und Leistungsfähigkeit.
- Der Ausführende realisiert einmalig ein Produkt (Bauwerk), das nicht von ihm vorausgedacht worden ist
- Eine Vielzahl von Einzelleistungen ist prinzipiell häufig oder ähnlich auszuführen, dabei geben die anerkannten Regeln der Technik Vorgaben zur technischen Ausführung. Deren Auslegung erfolgt aber im Verantwortungsbereich des Anwenders.
- Die Leistungen und deren Ausführende sind sehr vielfältig und differenziert. Eine Beeinflussung erfolgt u.a. durch sich ändernde Baugrundstücke und das Wechseln der Beteiligten (Behörden, Planer, Unternehmen).
- Bedingt durch relativ lange Bauzeiten treten Änderungen der Marktbedingungen von Bauwerk zu Bauwerk oder sogar während der Fertigung eines Bauwerks auf.
- Die häufig kurzen Planungsfristen führen dazu, dass eine Vorgabe der Qualität vielfach erst im Zuge der Beauftragung erfolgt.
- Folge aus langen Bauzeiten, der sukzessiven Beauftragung und damit verbundenen „Bedenkzeiten“ von Bauherrn²⁸/Nutzern (Sonderwünsche), möglichen Unwägbarkeiten des Grundstücks und des Bauablaufs sind während der Ausführung Änderungen mit entsprechenden Korrekturen von Soll-Vorgaben.
- Am Ort der Ausführung der Bauleistung, auf der Baustelle, ist es schwierig, den Verursacher eines Fehlers festzustellen und ihn mit der Auswirkung seiner Arbeit zu konfrontieren. Eine annähernd kontinuierliche Qualitätsüberwachung und -dokumentation unter Einbeziehung der ausführenden Mitarbeiter fehlt.

Ein einheitlicher Prüfalgorithmus für eine Serie von Produkten (Produkt \cong Bauwerk) ist in der Bauindustrie kaum möglich.

²⁸ Der Bauherr ist Veranlasser einer Baumaßnahme. Er ist verantwortlich, dass die von ihm initiierte Baumaßnahme dem öffentlichen Baurecht entspricht.

Einzige Gemeinsamkeit des Herstellungsprozesses ist eine prinzipiell ähnlich auszuführende Vielzahl von Einzelleistungen. Infolge dieser ähnlichen Einzelleistungen treten daher dennoch gleich gelagerte Fehler im Bauprozess auf.

Die Besonderheiten der Bauindustrie werden durch die das Werkvertragsrecht des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) ergänzende Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) [80] berücksichtigt. Sie haben aber weiterführende erhebliche Konsequenzen auf die Methoden der Sicherung der Bauqualität.

3.3 Definition von Bauqualität

3.3.1 Das Besondere der Bauqualität

Begründet damit, dass nach ISO 9000 der direkte Bezug zur Baupraxis fehlt, scheint nach TERHECHTE [121] der Qualitätsbegriff des Werkvertragsrechtes besser geeignet für die Baubranche.

Nach § 633 BGB, Abs. 2 [28] hat demnach ein Bauwerk bzw. Bauteil dann Qualität, wenn „...es die vereinbarte Beschaffenheit hat. Soweit die Beschaffenheit nicht vereinbart ist, ist das Werk frei von Sachmängeln,

1. wenn es sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst
2. für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.

§ 13 der branchenspezifischen VOB, Teil B hat ähnliche Festlegungen, berücksichtigt aber die anerkannten Regeln der Technik.

„Anerkannte Regeln der Technik“ (aRdT) bedürfen der schriftlichen Fixierung und sind eine technische Festlegung, deren Inhalt von der Mehrheit der Fachleute als zutreffende Beschreibung des „Standes der Technik“ zum Zeitpunkt der Veröffentlichung anerkannt wird. Zu vermuten ist dies bei technischen Festlegungen, die nach einem Verfahren zustande gekommen sind, das allen betroffenen Fachkreisen die Möglichkeit zur Mitwirkung bietet. (vgl. auch KAPELLMANN [81])

Unter „Stand der Technik“ versteht man den Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des „Standes der Technik“ sind insbesondere vergleichbare Verfahren Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg erprobt worden sind. (vgl. § 3 Abs. 6 Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 14. Mai 1990).

Anerkannte Regeln der Technik stellen einen fixierten momentanen Zustand dar. Die Regeln werden zu bestimmten Zeitpunkten aufgestellt und haben unabhängig von der Weiterentwicklung eine bestimmte Geltungsdauer. Der Stand der Technik dagegen ist eher dynamisch und stellt in seinen Inhalten die ständige Fortschreibung der allgemein anerkannten Regeln der Technik dar.

Im Zivilrecht sind „aRdT“ an drei Bedingungen geknüpft:

- Übereinstimmung in der wissenschaftlichen Forschung,
- Bekanntheit und Richtigkeitsüberzeugung in den auf dem neuesten Stand befindlichen Technikerkreisen,
- Langzeitbewährung in der Anwendung.

Der Begriff Bauqualität wird nun im Rahmen dieser Arbeit wie folgt definiert:

Bauqualität wird als Grad bezeichnet, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt. Anforderungen sind dabei die vereinbarte Beschaffenheit und die Übereinstimmung mit den „anerkannten Regeln der Technik“.

Im Gegensatz zur BGB- und VOB-Auslegung des Begriffs Bauqualität baut die Qualitätsdefinition nach ISO 9000 auf dem prozessorientierten Ansatz auf. Prozess- und Produktqualität sollen im folgenden Abschnitt erläutert werden.

3.3.2 Prozess- und Produktqualität

Bauqualität wird grundsätzlich in Prozess- und Produktqualität untergliedert. (vgl. TERHECHTE [121])

Prozessqualität hat die wirtschaftliche und fehlerminimierte Bauausführung zum Ziel und umfasst sämtliche Prozesse im Rahmen der Bauwerksentstehung (Planung, Bauausführung, Endabnahme). Prozessqualität stellt den Arbeitsprozess²⁹ als kleinste Einheit der Aufgabe des Qualitätsmanagements in den Mittelpunkt der Betrachtung.

Prozessqualität wird erzielt durch eine Kette qualitätsbezogener Maßnahmen und Entscheidungen (Prozesse) während der Entstehung eines Bauwerks. Verantwortlich für den Bauprozess sind die am Bau Beteiligten³⁰.

Als Beispiel für unzureichende Prozessqualität sei die Anlieferung eines falschen, nicht verwendbaren Abdichtungsmaterials oder die nicht fachgerechte Verdichtung einer Bauwerkshinterfüllung benannt.

Produktqualität umfasst die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften der Bauprodukte. Bauprodukte sind die aus mehreren Bauteilen (Dach, Außenwände, Kelleraußenwandabdichtung usw.) zusammengesetzten Bauwerke.

Beispiel für unzureichende Produktqualität ist die mangelhafte Abdichtung und die nachsackende Hinterfüllung.

Während sich die Produktqualität primär auf (Teil-) Produkte bezieht, indem Produkte von gleich bleibend hoher Qualität hergestellt werden sollen, wendet sich die Prozessqualität an die Abläufe, um diese Produkte herstellen zu können. Die Produktqualität wird wesentlich über die Prozessqualität entschieden.

²⁹ Prozess der Arbeit als Einzelleistung. Die Summierung von Arbeitsprozessen ergibt den Teilprozess (vgl. Fußnote 31).

³⁰ Die am Bau Beteiligten sind in Anlehnung an gültige Landesbauordnungen die im Rahmen ihres Wirkungskreises für den Bau Verantwortlichen, u.a. der Bauherr, Entwurfsverfasser, Unternehmer, Bauleiter.

Die Unterscheidung in Prozess- und Produktqualität berücksichtigt, dass ein Gebäude nicht die Addition einzelner technischer Leistungen ist, sondern ein Gesamtwerk, bei dem alle Leistungen in einem Prozess der Koordination zusammengeführt werden müssen.

In Abbildung 20 werden die Zusammenhänge zwischen Bauqualität und Prozessqualität eingebettet in die Planungs-, Bauausführungs- und Bauabnahmeprozesse dargestellt.

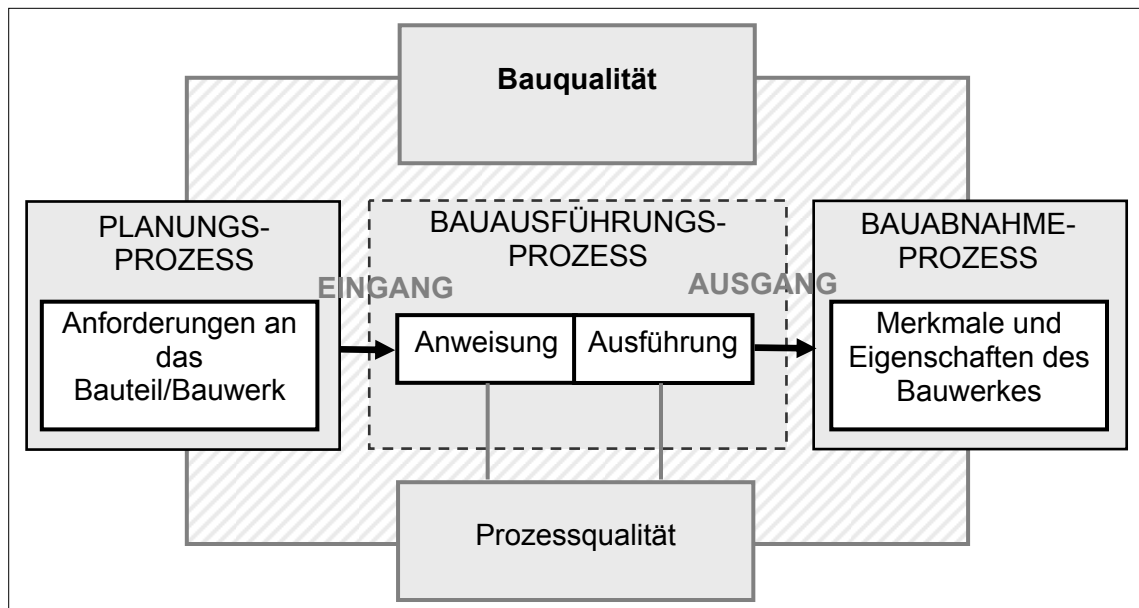


Abb. 20: Bauprozessqualität und Bauteilqualität (siehe auch MASING [90])

Im Bauausführungsprozess ist jedes Bauteil (z.B. die abgedichtete Kelleraußenwand) das Ergebnis mehrerer Arbeitsschritte. Die Summe der Arbeitsschritte zur Herstellung eines Bauteils wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit als Teilprozess³¹ (z.B. Abdichtungsarbeiten) bezeichnet.

Jedes Bauwerk entsteht aus einem Planungsprozess, einer Vielzahl von Teilprozessen in der Bauausführung und dem Bauabnahmeprozess (ggf. auch Teilabnahmen). Diese müssen im Bauablauf sinnvoll aneinander gereiht, untereinander verknüpft und wirtschaftlich gestaltet sein. Jeder einzelne Prozess/Teilprozess muss bestimmte Forderungen erfüllen, damit das Bauwerk die Anforderungen erfüllt.

Bauqualität im Bauausführungsprozess ist nicht allein von der Übereinstimmung von Anweisung und Ausführung abhängig. Bauqualität des fertigen Bauwerkes wird maßgeblich im Planungsprozess bestimmt. (vgl. Abb. 20, unterlegt durch das Feld „Anforderungen an das Bauteil/Bauwerk“) Hier sind die Eigenschaften festzulegen und die Vorgaben für die Bauausführung zu machen. Im eigentlichen Bauausführungsprozess ist die größtmögliche Übereinstimmung von Anweisung und Ausführung zu erreichen. (vgl. auch MASING [90])

³¹ Der Teilprozess ist Teil eines Prozesses. Ergebnis eines Teilprozesses ist in der vorliegenden Arbeit ein Bauteil.

Tritt beispielsweise durch ein fehlerbehaftetes Bauteil eine Abweichung zwischen erreichter und definierter Bauqualität auf, ist eine Nachbesserung in der Bauausführung erforderlich. (vgl. Abb. 21)

Eine Akzeptanz des fehlerhaften Bauteils durch die am Bau Beteiligten stellt ein Defizit an Bauqualität dar.

Grund ist die Beeinflussung nachfolgender Teilprozesse.

Fehler sind deshalb sofort nach Entdeckung zu korrigieren. Die Entdeckung kann durch den fehlerverursachenden Teilprozess, durch nachfolgende Teilprozesse oder durch andere am Bau Beteiligte erfolgen. Fehlerbeseitigung muss zeitnah an der Fehlerentstehung im verursachenden Teilprozess erfolgen.

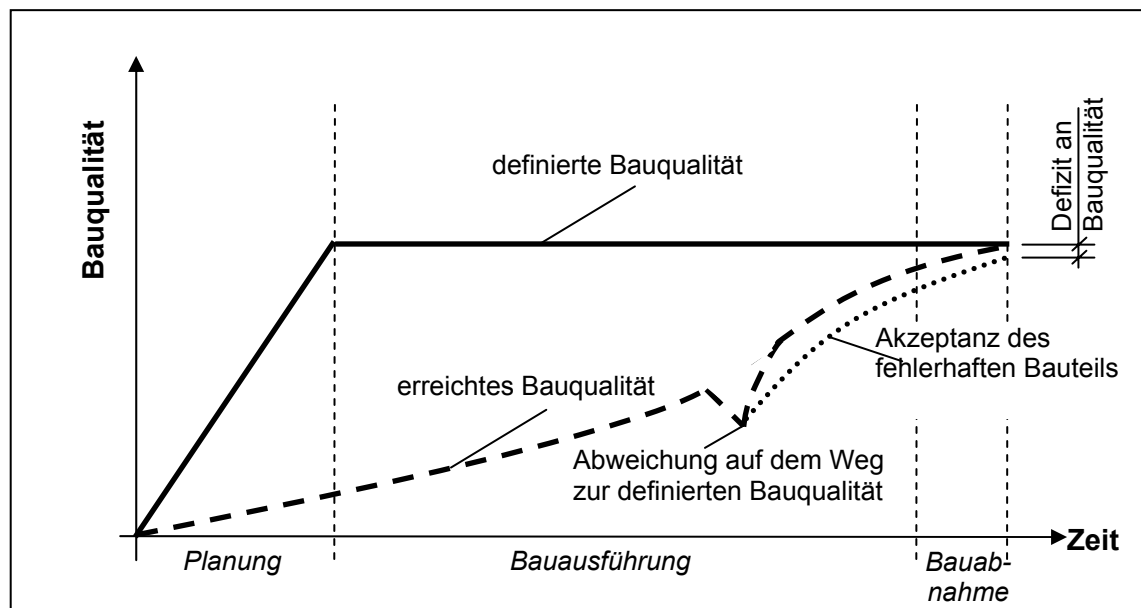


Abb. 21: Bauqualität während der Bauwerksentstehung

Aus Abbildung 21 kann interpretiert werden, dass es Aufgabe der Qualitätssicherung ist, zu bestimmten Zeitpunkten Stellungnahmen über die erreichte definierte Bauqualität abzugeben. Diese dienen dem Management als wichtige Entscheidungshilfe. Darüber hinaus hat Qualitätssicherung eine Frühwarnfunktion für mögliche Termin- Qualitäts- und Kostenprobleme. (vgl. HAIST/FROMM [67])

Definierte Bauqualität kann im Bauausführungsprozess (nach MASING bezeichnet als Herstellungsprozess) nicht verbessert werden. Hier werden die Anweisungen für die Ausführung von Tätigkeiten aus dem Planungsprozess (nach MASING Entwicklungsprozess) umgesetzt. (vgl. Abb. 20)

3.4 Historischer Abriss zur Sicherung der Bauqualität

3.4.1 Historie zur Qualitätssicherung der Bauprodukte

In diesem Kapitel soll auf historisch gewachsene Aspekte der Qualitätssicherung von Bauprodukten eingegangen werden.

Der Anteil der Materialfehler (Fehler an Bauprodukten) an den Ursachen von Baumängeln und Bauschäden kann mit etwa 2 bis 8 % als gering eingeschätzt werden. (siehe Abschnitt 2.5)

Dieser Anteil wird nicht unwesentlich dadurch beeinflusst, dass Deutschland mit seinem Normenwerk hoher Regelungsdichte und den Güteschutzorganisationen, die produktbezogen über die Einhaltung der Güteanforderungen wachen, ein gewachsenes System der Qualitätssicherung hat. HELMUT [70] stellt fest, dass dieses System in Europa eine führende Position einnimmt.

Einen erheblichen Einfluss auf die hohe Regelungsdichte hat die Gründung des DIN als Normenausschuss der deutschen Industrie (NADI) im Jahre 1917.

Das deutsche Bauordnungsrecht und die Bauaufsicht fielen 1945 als Folge der föderalen Ordnung in der Bundesrepublik Deutschland in die Zuständigkeit der Länder.

1968 wurde das Institut für Bautechnik, eine vom Bund und den Ländern gemeinsam getragene Einrichtung gegründet. Aufgabe war insbesondere die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen für neue Baustoffe, Bauteile und Bauarten sowie Prüfzeichen, die Koordinierung von Bauforschung für den bauaufsichtlichen Bereich und die Mitwirkung bei der Baunormung.

Mit der 1989 verabschiedeten Bauproduktenrichtlinie [12] und den daraus abgeleiteten nationalen Regelungen - in Deutschland das Bauproduktengesetz [65] und die auf der Basis der MBO überarbeiteten Fassungen der Landesbauordnungen (LBO) - wurden die rechtlichen Grundlagen für einen freien Handel und die Anwendung von Bauprodukten auf der Basis des CE-Zeichens geschaffen. An das CE-Zeichen wurde die Erwartung geknüpft, dass man in Zukunft Produkte ohne bürokratische Hindernisse in ganz Europa vermarkten und zum Einsatz bringen kann. Die sehr unterschiedlichen und zum Teil auch komplizierten nationalen Verwendbarkeits- und Nachweisverfahren sollten abgelöst werden.

1993 übertrug der Bund dem Institut als neue europäische Aufgabe die Umsetzung der europäischen Bauproduktenrichtlinie (BaupRiLi) [12] in nationales Recht. Teil dieser Aufgabe ist die Mitwirkung in der Europäischen Organisation für Europäische Technische Zulassungen und die Zuständigkeit für die Erteilung europäischer technischer Zulassungen. Das Institut wird seitdem als Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) geführt.

Jährlich werden vom DIBt aktuelle Bauregellisten herausgegeben. In diesen Listen werden die von Bauprodukten nach Bauordnungsrecht einzuhaltenden Normen und Vorschriften aufgeführt. Sie regeln auch den Gütenachweis für die einzelnen Bauprodukte.

Die technischen Baubestimmungen sind in den Bauregellisten wie folgt geordnet:

- Bauregelliste A Teil 1 gilt für geregelte Bauprodukte, die den in dieser Liste bekannt gemachten technischen Regeln im wesentlichen entsprechen.
- Bauregelliste A Teil 2 gilt für nicht geregelte Bauprodukte, deren Verwendung nicht der Erfüllung erheblicher Anforderungen dient und für die es keine aRdT gibt.
- Bauregelliste B legt fest, welche Anforderungen aus harmonisierten europäischen Normen, Leitlinien für europäische technische Zulassungen von Bauprodukten erfüllt werden müssen, die dem Bauproduktengesetz unterliegen.
- Bauregelliste C beinhaltet Bauprodukte, für die die Bauordnung weder Verwendbarkeits- noch Übereinstimmungsnachweise verlangt.

Die Verwendbarkeit der geregelten und nicht geregelten Bauprodukte wird in einem für sie geforderten Nachweis zur Erfüllung der Forderungen bestätigt. Dieser Nachweis ist durch den Hersteller zu erbringen. Die Bauprodukte tragen dann das Übereinstimmungszeichen Ü.

Diese Regelung wurde auch in der im Jahr 2002 auf der Bauministerkonferenz beschlossenen überarbeiteten Musterbauordnung (MBO) übernommen. Die neue Musterbauordnung soll zur Vereinfachung des Verfahrens- und des materiellen Bauordnungsrechts sowie zu einer Wiederannäherung des Bauordnungsrechts der Länder beitragen. (vgl. JÄDE [75])

Wenn ein Bauprodukt nach einer auf europäischer Ebene harmonisierten³² technischen Spezifikation³³ gefertigt wurde, trägt es statt des Ü-Zeichen das CE-Zeichen. (vgl. MBO [75]) Nur Bauprodukte, die das CE-Zeichen tragen, dürfen in Europa frei gehandelt werden. Das CE-Zeichen dokumentiert die Mindestanforderungen der EU-Richtlinien.

Inzwischen sind die Regelungen, die zum CE-Zeichen führen, weiter entwickelt worden und klarer erkennbar. Abschnitt 4.2.2 geht darauf näher ein.

Im folgenden Kapitel wird bereits aus der Historie heraus deutlich, wie differenziert eine Qualitätssicherung der Bauprodukte zur Qualitätssicherung in der Bauausführung zu betrachten ist.

³² Die Harmonisierung technischer Vorschriften im Baubereich beruht auf der Bauproduktenrichtlinie. [12]

³³ Technische Spezifikationen sind ein Dokument, das technische Anforderungen festlegt, die von einem Bauprodukt zu erfüllen sind. (DIN 18200 [45])

3.4.2 Historie zur Qualitätssicherung in der Bauausführung

In der Bauausführung sind Traditionen, handwerkliche Ausbildung und qualifizierte Betriebsführung wesentliche Säulen, auf denen hochwertige Bauleistungen entstehen.

Die Wanderschaft eines Gesellen (Walz) war früher Notwendigkeit und Voraussetzung für einen Meistertitel.

Im Ausgang des 18. Jahrhunderts und verstärkt zu Beginn des 19. Jahrhunderts fielen im sich liberalisierenden Europa mit den Zunftschranken auch die Kontrollinstanzen. In der Folge bildeten sich Innungen, wie z.B. die Innung geprüfter Maurer- und Zimmermeister.

Im Jahr 1849 erließ der preußische Staat eine neue Gewerbeordnung. Durch diese erhielten die bestehenden Innungen ein Vorrecht in der Lehrlingsausbildung. (vgl. KREYSING [85])

Die Baupraxis in Deutschland ist auch heute noch durch das Bauhandwerk geprägt. Der Anteil der Facharbeiter in Deutschland ist gegenüber dem Ausland unverändert hoch. (vgl. auch HELMUT [70])

Im Jahr 1991 legte die Deregulierungskommission der Bundesregierung ihren 2. Bericht [35] vor. Die mit hochrangigen Wirtschaftsfachleuten besetzte Arbeitsgruppe erarbeitete Vorschläge, um unnötige und behindernde Regulierungen abzuschaffen. Hierin wurde u.a. der Große Befähigungsnachweis (Nachweis eines Meisterbriefes) als Mittel der Qualitätssicherung als entbehrlich betrachtet.

In Folge realisierte die Bundesregierung eine Novellierung der Handwerksordnung. Diese ist zum Jahresbeginn 2004 in Kraft getreten. Die Auswirkungen auf die Bauwirtschaft, die Leistungen des Bauhandwerks, die Qualität der Bauausführung, die Verbrauchersicherheit und das in Deutschland bestehende Ausbildungssystem als Teil einer Qualitätssicherung sind nicht abschätzbar. (vgl. BODE [20], HÖVENER-HETZ [73] und KREYSING [85])

3.5 Qualitätssicherung am Bau durch staatliche Regulierungssysteme

3.5.1 Einwirken staatlicher Organe

Nach PAUSE [101] und RYBICKI [108] hatte Deutschland bisher in Europa das umfangreichste System öffentlicher Einflussnahme im Bauwesen. Hierbei handelt es sich um ein differenziertes System der Qualitätssicherung, bestehend aus:

- organisierten staatlichen Maßnahmen zur Überwachung und
- der „freiwilligen“ Qualitätssicherung auf privatrechtlicher Grundlage, dargestellt im Abschnitt 3.5.2 „Privatrechtliche Rahmenbedingungen“.

In der Vergangenheit hat der Staat seine Verantwortlichkeit für die öffentliche Sicherheit und Ordnung im Bereich der Qualitätssicherung durch organisierte staatliche Maßnahmen (beispielsweise durch bauaufsichtliche und planungsrechtliche Verfahren gemäß den Landesbauordnungen der einzelnen Bundesländer) erfüllt. (vgl. Abb. 22)

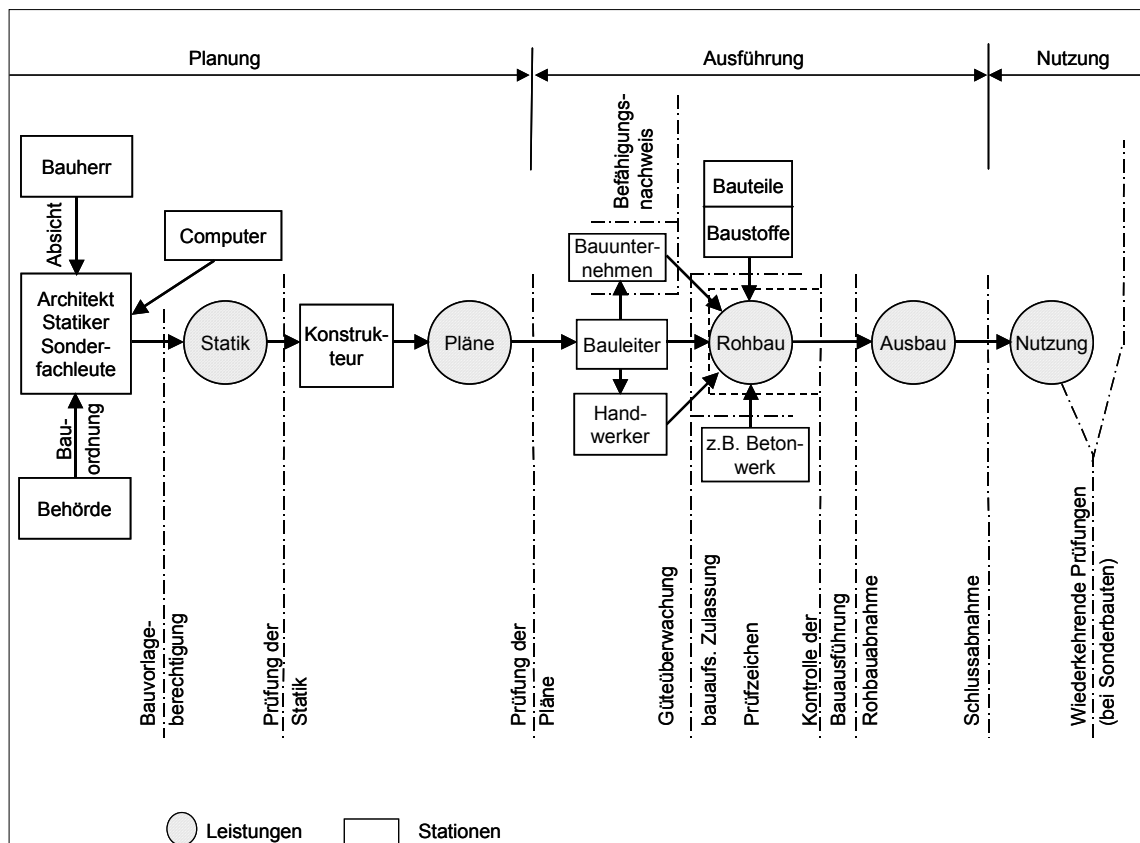


Abb. 22: System der staatlichen Prüfung und Kontrolle in Deutschland (RYBICKI [108])

Da sich die staatliche Überwachung nur auf Stichproben konzentriert, wird keine Haftung übernommen. Die Baubehörden nehmen keine rechtsgeschäftlichen Bauüberwachungen und Abnahmen für den Bauherrn vor. Für die Umsetzung der Bauqualität sind der Bauherr und seine Auftragnehmer daher selbst verantwortlich.

Das Landesbaurecht verpflichtete den Bauherrn zur unabhängigen Überprüfung durch staatlich beauftragte Prüfer nach dem „Vier-Augen-Prinzip“³⁴. [119], [129] Die Prüfung kann nach den Landesbauordnungen auf Stichproben beschränkt werden. Überprüft werden in der Regel nur Bauteile und Bautenstände, die sich als besonders relevant für die Sicherheit des Gebäudes herausstellen (z.B. technische Bewehrungsabnahme oder technische Rohbauabnahme). Das Ziel der Überwachung ist eine „vorbeugende Gefahrenabwehr“.

Die Prüfung und Überwachung bautechnischer Anforderungen ist, da die bautechnischen Risiko- und Gefährdungspotenziale nicht verfahrens-, sondern vorhabensabhängig sind, eigenständig geregelt (vgl. insbesondere § 66 MBO). Dabei wird je nach Schwierigkeitsgrad und Gefährdungspotenzial differenziert zwischen:

- Bauvorhaben, bei denen die Entwurfsverfasserqualifikation für die Erstellung des bautechnischen Nachweises genügt,
- Bauvorhaben, bei denen hierfür eine angehobene Qualifikation zu fordern ist und
- solchen bei denen eine Prüfung derartiger Nachweise (und eine entsprechende Bauüberwachung) geboten ist ("Vier-Augen-Prinzip").

Bei der Realisierung dieses „Vier-Augen-Prinzips“ gehen die Regelungen der Bauordnungen in den Ländern besonders weit auseinander:

Einerseits wird die herkömmliche bauaufsichtliche Prüfung (einschließlich der Übertragung bauaufsichtlicher Prüfaufgaben auf private Dritte als beliehene Unternehmer - Prüfsachverständige) für unverzichtbar gehalten.

Andererseits soll ein weitestgehender Rückzug aus dieser hoheitlichen Prüfung zugunsten eines Systems privater und ausschließlich privatrechtlich tätiger Prüfsachverständiger³⁵ erfolgen. (vgl. hierzu Abschnitt 3.5.2 "Privatrechtliche Rahmenbedingungen")

Beide Systeme wurden daher gleichwertig nebeneinander gestellt. Diesbezüglich enthält die Neufassung der MBO [75] einen entwicklungsoffenen Rahmen. Dieser legt die Länder weder dem Grunde noch dem Umfang nach auf ein bestimmtes Maß an "Privatisierung" bisher bauaufsichtlich wahrgenommener Prüfungen fest. Die unverzichtbare gleiche Qualifikation von Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen sowie die notwendige Unabhängigkeit - auch der Prüfsachverständigen - werden durch eine Musterverordnung sichergestellt. Die Verordnung soll zugleich die wechselseitige Anerkennung von Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen unabhängig davon gewährleisten, für welches Modell sich das einzelne Land entscheidet.

Anhand der neuen MBO, umzusetzen durch die einzelnen Bundesländer, ist eine Deregulierung der Bauordnungen und damit Reduzierung der staatlichen Bauüberwachung erkennbar.

³⁴ Das 4-Augen-Prinzip sieht vor, dass neben dem zuständigen Ausführenden mindestens ein weiterer am Bau Beteiligter nachweislich die Richtigkeit einer durchgeführten Prüfung bestätigt.

³⁵ Sachverständiger, ist eine Person, die über besondere Fachkunde und Erfahrungen auf einem oder mehreren Fachgebieten und über eine entsprechende Anerkennung verfügt. (vgl. Brüssel [26])

Im Zusammenhang mit dieser Entwicklung ist das Überdenken des noch sinnvollen Umfangs der vorgeschriebenen Prüf- und Kontrollmaßnahmen notwendig.

- Ein zu geringes Sicherheitsniveau verunsichert die Öffentlichkeit durch eine hohe Zahl von Schadensfällen und belastet die Volkswirtschaft durch Folgekosten.
- Ein überhöhtes Sicherheitsniveau verursacht durch den stärkeren staatlichen und privaten Aufwand höhere Baukosten und belastet die einheimische Wirtschaft im internationalen Wettbewerb.

Eine vernünftige Abwägung des Umfangs staatlicher Regulierung im Bauwesen folgt der allgemeinen Zeitmeinung (u.a. beeinflusst durch Medienereignisse) und der Interessenlage der beteiligten Gruppen. (vgl. RYBICKI [108])

Die Einstellung der am Bau Beteiligten zur Bauüberwachung bewegt sich zwischen zwei Extremen:

Tab. 1: Erwartungen und Standpunkte zur Bauüberwachung (RYBICKI [108])

Baubeteiligter:	Erwartung/Standpunkt an/zur Bauüberwachung:	
	Positiv	Negativ
Bauherr	Unterstützung beim Erreichen von Qualität und Dauerhaftigkeit seines Bauwerks	Ärger, Auseinandersetzung, Zusatzkosten und Zeitverzug (zusätzlich durch am Bau Beteiligte suggeriert)
Bauunternehmer	Vertrauen auf Fachkenntnisse der Überwacher, Einsparung eigener Kontrolltätigkeit, Verweis auf „Abnahme“ durch Überwacher im Konfliktfall	Störung des Arbeitsablaufes, Streit bei - aus seiner Sicht vertretbaren - Abweichungen von den anerkannten Regeln der Technik
Überwacher	Gefühl der Verpflichtung zum Gelingen des Bauwerks, Beratung und Hilfestellung	Selbsteinschätzung als „Überinstanz“ deren Meinung widerspruchslos zu folgen ist

Unabhängig von diesen Diskussionen ist darauf hinzuweisen, dass trotz der Deregulierung die Einhaltung der geltenden Bauvorschriften gewährleistet werden muss.

Im öffentlichen Bereich des Bauens stellt die „Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen“ (VOB) [80] das Standardwerk für die Durchführung von Bauleistungen dar. Anwendungen erfolgen vielfach auch in der privaten Bauwirtschaft.

Beispielsweise sind nach § 4 Nr. 3 VOB/B als Teil der Qualitätssicherung in der Bauausführung vom Auftragnehmer die Vorleistungen anderer am Bau Beteiligter zu prüfen. Sie müssen geeignet sein, sein Werk mangelfrei erstellen zu können (Prüfungspflicht).

Erkennbare Fehler der Vorgaben und Vorleistungen hat der Auftragnehmer aufzudecken und als Bedenken dem Auftraggeber mitzuteilen (Mitteilungspflicht). Dies gilt auch für Vorleistungen des Auftraggebers (Bestellers), z.B. Planungsleistungen. Der Unternehmer ist nur dann von Mängelansprüchen befreit, wenn ein Fehler der Vorleistungen für ihn nicht erkennbar war. Dazu muss er eine sorgfältige Prüfung durchgeführt und nachgewiesen haben, dass die Fehlerhaftigkeit der Vorleistungen nicht erkannt werden konnte. Erfüllt der Auftragnehmer die ihm nach § 4 Nr. 3 VOB/B obliegenden Pflichten nicht, so hat er für die mangelhafte Leistung einzustehen.

Die derzeitige Privatisierung ehemals staatlicher Aufgabenbereiche im Zuge der Vereinfachung des Verfahrens- und materiellen Bauordnungsrechts erhöht die Eigenverantwortlichkeit aller am Bau Beteiligten. (vgl. SCHOLZ [115]) Dies gilt auch im Bereich der Qualitätssicherung und hier besonders für den Bauherrn. Er ist nicht nur nach der Bauordnung grundsätzlich für die Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Anforderungen des Vorhabens und damit für die Beauftragung entsprechender Sachverständigenleistungen zuständig. Über den bauordnungsrechtlichen Ansatz der Gefahrenabwehr hinaus sind für ihn die ordnungsgemäße Qualitätssicherung und Bauüberwachung Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Erfolg seiner Baumaßnahme.

Aus dieser Situation entwickelten sich in den letzten Jahren zunehmend neue Systeme einer Qualitätssicherung auf der Grundlage der durch den Staat geschaffenen privatrechtlichen Rahmenbedingungen.

3.5.2 Privatrechtliche Rahmenbedingungen

Durch die Einführung privater Sachverständiger, u.a. auf der Grundlage der Musterbauordnung [75] und des Bürgerlichen Gesetzbuches [28], kam eine weitere Beteiligengruppe im Baugeschehen hinzu. In zunehmenden Maße etablieren sich auf dem Bauproduktmarkt private Bauüberwacher, die eine ergänzende, fertigungsbegleitende Bauüberwachung als Fremdüberwachung³⁶ anbieten. Sie werden beauftragt, die Qualität der Bauleistung zu kontrollieren. (vgl. auch CZIESIELSKI [30] und VOGDT [123])

Folgende Punkte sind Anlass, dass Bauherren Leistungen privater Sachverständiger in Form einer baubegleitenden Qualitätssicherung in Anspruch nehmen:

- Feststellung von Qualitätsabweichungen
- mangelnde Fachkenntnisse bei vermuteten Qualitätsabweichungen
- mangelndes Vertrauen zu den am Bau Beteiligten
- mehr Durchsetzungsvermögen bei qualitätsbedingten Streitigkeiten
- Kosteneinsparung durch nachgewiesene mangelhafte Leistungen.

³⁶ Die Fremdüberwachung umfasst die regelmäßige Überprüfung der Produktionskontrolle und des Bauprodukts durch eine unparteiische Stelle (Überwachungsstelle), um festzustellen, ob das Bauprodukt den zugrunde liegenden Technischen Spezifikationen entspricht. (DIN 18200 [45])

In Anlehnung an CZIESIELSKI [30] können außer den Bauherren auch Auftraggeber einer baubegleitenden Qualitätssicherung sein:

- Bauunternehmen (zum Nachweis der vereinbarten Beschaffenheit)
- Investoren (als Vermarktungsgrundlage)
- Banken und Sparkassen (als Finanzierungssicherheit)
- Versicherungsgesellschaften (zur Vermeidung von Planungs- und Ausführungsmängeln).

Die baubegleitende Qualitätssicherung wird heutzutage je nach Leistungsumfang für 1,0 bis zu 3,0 % der veranschlagten Bausumme angeboten. (vgl. CZIESIELSKI [30], BÜCKER [27], TÜV NORD [122])

Auf europäischer und internationaler Ebene sind die Bemühungen um Schaffung einheitlicher Regeln für die „freiwillige“ Qualitätssicherung auf der Grundlage privatrechtlicher Vereinbarungen vielfältig (z.B. ISO und CE). Problematisch ist die Angelegenheit jedoch dort, wo sich die Frage nach der Verbindlichkeit derartiger Regeln stellt.

Es gibt bis zum heutigen Zeitpunkt noch kein einheitliches europäisches Konzept der Qualitätssicherung im Bauwesen.

3.6 Qualitätsvoraussetzungen am Bau

3.6.1 Bedeutung der Planungsleistungen

In Abschnitt 3.3.2 wurde festgestellt, dass die größte Sicherheit hinsichtlich der Bauqualität bereits erreicht wird, wenn die Anforderungen an das Bauwerk umfassend und genau definiert werden. Sicherheit im Hinblick auf die Stimmigkeit der Planungsvorgaben ist durch die geeignete interdisziplinäre Besetzung des Projekts³⁷ und die Zusammenarbeit der am Bau Beteiligten zu gewährleisten. (vgl. WEEBER [128])

Im Bauwesen sind die Forderungen an ein Bauwerk definierbar und die Bauqualität jeder Tätigkeit kann vorgegeben und geprüft werden. Die theoretische Grundvoraussetzung für eine interne Qualitätssicherung im Bauausführungs-Prozess ist gegeben. (vgl. Abschnitt 3.3.2, Abb. 20,)

Voraussetzungen für Bauqualität im Bauprozess sind (vgl. HÖVENER-HETZ [73]):

- klare, vollständige und fehlerfreie Planung,
- eindeutige Leistungsbeschreibung,
- umfassende, zweifelsfreie Bemusterung,
- Festlegung der notwendigen Regelwerke und deren Einhaltung sowie
- realistische Terminvorgaben.

³⁷ Ein Projekt ist ein einmaliger Prozess, der aus einem Satz abgestimmten und gelenkten Tätigkeiten mit Anfangs- und Endterminen besteht und durchgeführt wird, um ein Ziel zu erreichen, das spezifische Anforderungen erfüllt. Zeit-, Kosten- und Ressourcenbeschränkungen sind eingeschlossen. (DIN EN ISO 9000 [51])

Neben der Sicherung der technischen Ausführbarkeit muss das Geplante korrekt, zweckmäßig aufbereitet und dargestellt, an die Ausführenden weiter gegeben werden.

Einflussfaktoren auf die Voraussetzungen für Bauqualität sind:

1. die Besonderheiten der Bauproduktion (vgl. Abschnitt 3.2),
2. der Preis- und Terminsituation,
3. die vertraglichen Rahmenbedingungen.

Als Folgen dieser Einflussfaktoren wären zu nennen:

- zu 1. Anforderungen an das Bauwerk und Detaillierungen lückenhaft.
- zu 2. Preis- und Termindruck führen in der aktuellen Situation der Bauwirtschaft in vielen Fällen zu einer Reduzierung der Planungsleistungen unter den notwendigen Mindestumfang. (vgl. ARLT [3], SYBEN [120], VOGDT [123])
- zu 3. Bei weniger guter Vertragsgestaltung werden Planungsleistungen im Einzelnen aus dem Vertragstyp und gegebenenfalls durch Auslegung ermittelt. (vgl. KAPELLMANN [81])

Die Grundvoraussetzung für eine Qualitätssicherung im Bauausführungsprozess ist infolge dieser Punkte in der Baupraxis nicht gegeben. Trotzdem muss eine Qualitätssicherung im Bauprozess realisiert werden.

3.6.2 Korrelation der Planung mit der Bauausführung

Grundlage für die Sicherung von Bauqualität im Bauausführungsprozess ist die Übereinstimmung von Anweisung (definiert aus den Anforderungen an das Bauteil/Bauwerk im Planungsprozess) und Ausführung im Bauausführungsprozess. (vgl. Abschnitt 3.3.2)

Planungs- und Bauausführungsprozess haben sich im Gegensatz zu den vergangenen Jahrzehnten in den letzten Jahren durch veränderte Voraussetzungen verkompliziert. Moderne Planung muss eine deutlich höhere Zahl von Komplexität abbilden. Der einzelne Bauherr ist oft durch Bauherrenorganisationen oder Investorengruppen ersetzt. Planung muss in kürzerer Zeit erbracht werden. Sie muss oft auf unvollständige und während des Gesamtprozesses sich verändernde Entwurfsziele und Randbedingungen aufbauen. Die Bauausführung beginnt in der Regel bereits vor Planungsabschluss auf der Grundlage unvollständiger und nicht ausreichender Pläne. (vgl. VOGDT [123])

Eine Folge ist, dass Planungsprozess und Bauausführungsprozess sich überlappen. Der Planungsprozess kann vom Bauausführungsprozess durch Schaffung vollendeter Tatsachen überrollt werden. (vgl. Abb. 23) Eine Qualitätssicherung ist dann nur unter erheblich veränderten Bedingungen durchführbar.

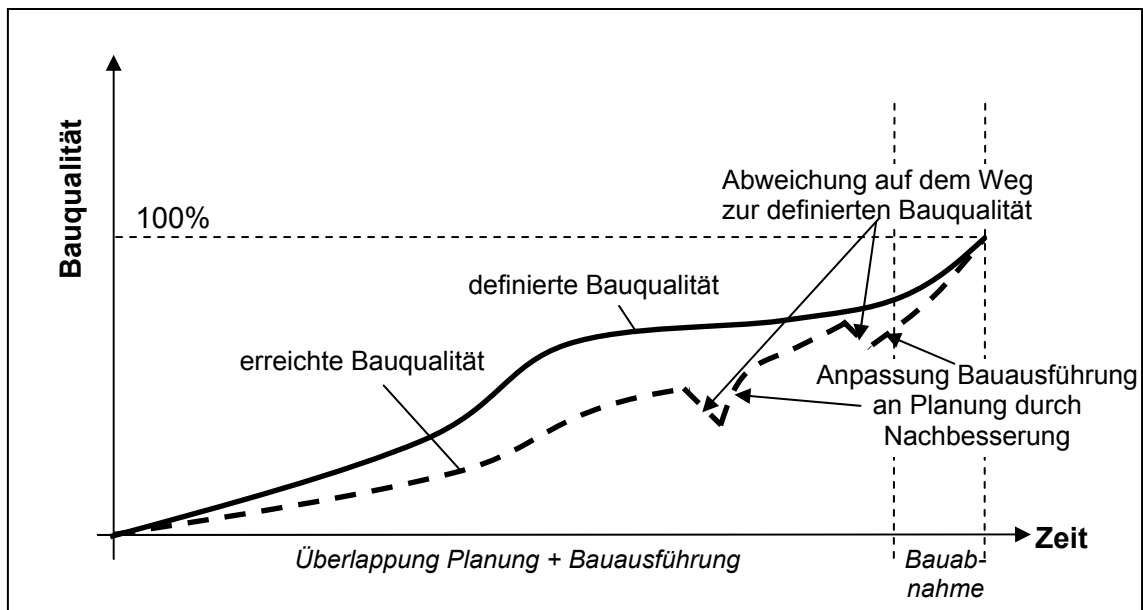


Abb. 23: Planungspraxis während der Bauwerksentstehung

Deshalb wird ein dynamisches System zur Qualitätssicherung notwendig. Dieses System soll absichern, dass trotz unzureichender Planung der Verlust an Bauqualität minimiert wird. Die in Abschnitt 3.6.1 genannten Folgen der Einflussfaktoren auf die Voraussetzungen für Bauqualität müssen ausgeschlossen werden.

Qualitätssicherung in der Bauausführung bewirkt zwar in der Baupraxis häufig nicht überschaubare Beeinflussungen des Bauausführungs- und Planungsprozesses und meist auch Veränderungen am Bauwerk, stellt aber in dieser Situation die einzige Möglichkeit dar, die Besonderheiten der Bauproduktion zu berücksichtigen.

WEEBER [128] bezeichnet diese Beeinflussungen des Bauausführungs- und Planungsprozesses als Qualitätssicherung „von unten“.

Die Adaption für die Baubranche verlangt aber eine Qualitätssicherung aus dem Bauausführungsprozess heraus.

In enger Beziehung hierzu stehen die Aufgaben der Bauleitung, die neben ihren Organisations- und Kontrollaufgaben insbesondere auch auf eine Qualitätssicherung durch Selbstverantwortung aller am Bau Beteiligten hinarbeiten muss. (vgl. WEEBER [128])

Es stellt sich dabei z.B. die Frage, wie der Bauleiter in die zeitlich zurückliegende Planung eingreifen soll. Er muss daher durch Qualitätssicherungssysteme unterstützt werden. (vgl. JUNGWIRTH [77])

3.7 Einbindung der Qualitätssicherung in Qualitätsmanagementsysteme

3.7.1 Qualitätssicherung als Teil des Qualitätsmanagements

In diesem Kapitel wird auf die Zusammenhänge und die Bedeutung der Qualitätssicherung als Teil des Qualitätsmanagements eingegangen.

Im Mittelpunkt des aktuellen Qualitätsmanagementsystems (QM-System) steht die Prozessgestaltung mit einer Verpflichtung zur ständigen Verbesserung. Es werden nicht die einzelnen Abteilungen optimiert, sondern das Funktionieren des gesamten Geschäftsprozesses. Abb. 24 stellt das Modell des prozessorientierten Qualitätsmanagements dar, das in den Normen der ISO 9000 beschrieben ist.

Die Überwachung der Kundenzufriedenheit erfordert nach DIN EN ISO 9001 die Beurteilung von Informationen über die Wahrnehmung der interessierten Parteien, über die Erfüllung ihrer Erwartungen und Forderungen.

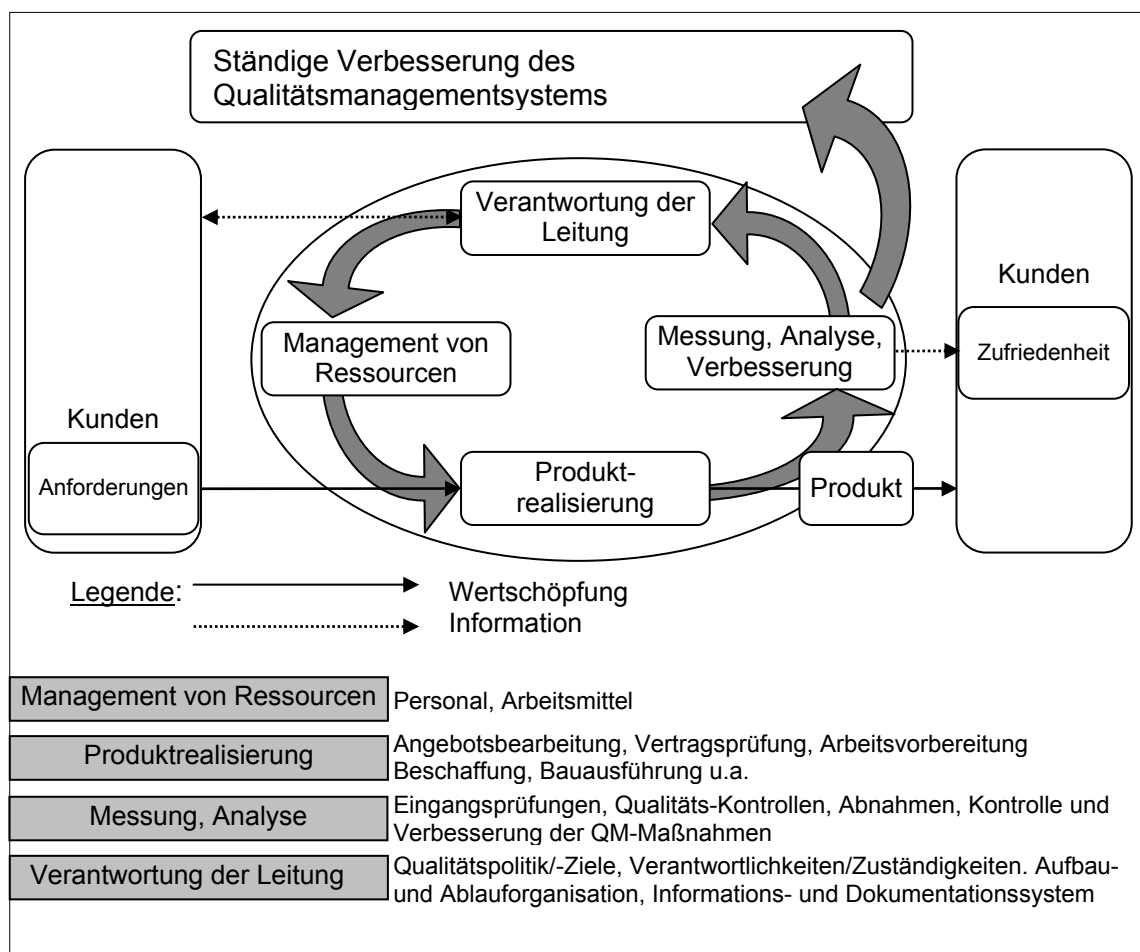


Abb. 24: Prozessmodell nach DIN EN ISO 9000 [51] und 9001 [52]

Die Normenreihe ISO 9000 zum Qualitätsmanagement stellt selbst keine technischen Forderungen an Produkte (Baustoffe, Bauteile oder Bauausführung). Sie ist Bezugsgrundlage für die Umsetzung in ein firmenspezifisches QM-System. JUNGWIRTH [77] fordert zu verhindern, dass die Verfasser der Regelwerke ihr eigenes Qualitätssicherungssystem vorschreiben oder unabhängige Bauausführungsnormen schreiben.

Er zeigt, wie eine Verbindung anhand von Konformitätsanforderungen³⁸, -kriterien und -nachweisen aussehen könnte, Abb. 25.

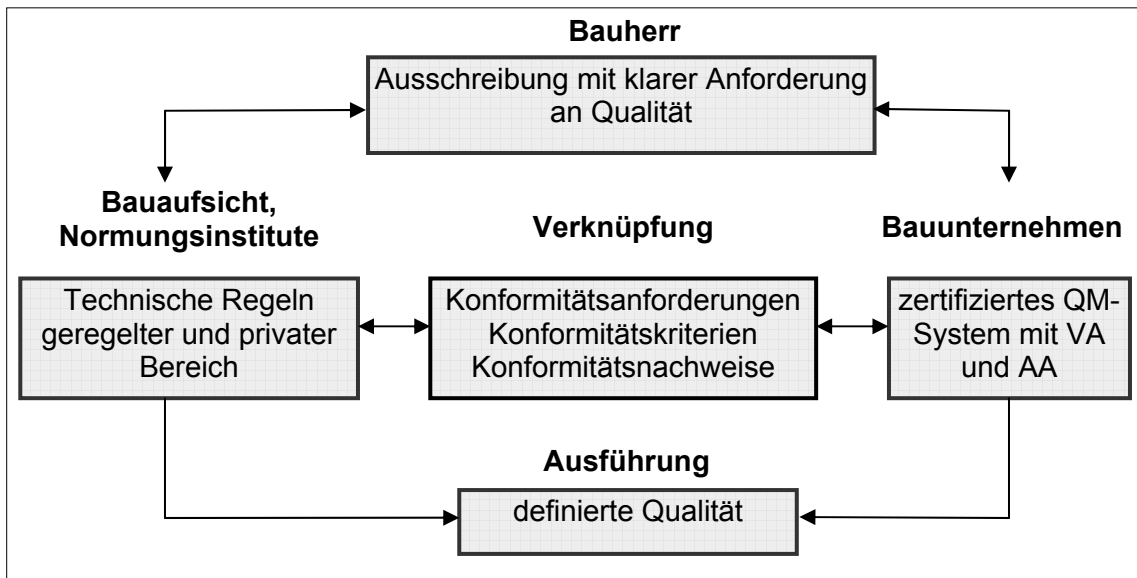


Abb. 25: Verbindung zwischen QM-System und technischen Regeln (JUNGWIRTH [77])

Nach JUNGWIRTH [77] sollen die Möglichkeiten eines QM-Systems bereits im Regelwerk genutzt werden, um dadurch einen Dialog zwischen technischen Regeln und Konformitätsnachweis entstehen zu lassen. Bezüglich des Nachweises der Konformität eines Produktes werden in der DIN EN ISO 9001 [52] Anforderungen definiert.

Durch QM-Systeme müssen außer der Bauunternehmung die Nachunternehmer, Lieferanten und alle anderen am Bau Beteiligten eingebunden werden. Dabei sind alle Qualitätsforderungen, die sich aus den Kundenwünschen und aus den aRdT ergeben, zu berücksichtigen. Ein QM-System hat alle Nahtstellen zu erfassen und die Kommunikation zwischen ihnen zu sichern. Nahtstellen sind potenzielle Fehlerquellen.

Mit seinem zertifizierten Qualitätsmanagementsystem weist ein Unternehmen lediglich nach, dass es prüfbar alle technischen, organisatorischen und kaufmännischen Voraussetzungen hat, um die Leistung in der vom Kunden gewünschten Qualität zu erbringen. (siehe auch DELLEN/UHLMANN [34])

Die Übereinstimmung der ausgeführten Leistung mit den anerkannten Regeln der Technik wird in einem QM-System nach ISO 9000 aufgrund der Besonderheiten der Bauproduktion (vgl. Abschnitt 3.2) nicht ausreichend sichergestellt. Das QM-System gewährleistet nicht die prozessbegleitend geforderte Qualität. Eine Verbindung zwischen Entwurf/Planung und Bauausführung wird nicht ausreichend geschaffen.

Geteilt werden kann die Auffassung von BATTIKHA [11] und WEEBER [128], dass Diagnose-Werkzeuge in Anlehnung an die ISO 9000 zur prozessbegleitenden Qualitätsfeststellung während der Bauausführung nicht ausreichend sind.

Die Nichteinhaltung der technischen Forderungen (mit einem Anteil von 46 bis 51 %) und Planungsfehler (mit einem Anteil von 13 bis 46 %) zeigen den großen Bedarf.

³⁸ Konformität wird nach DIN EN ISO 9000 [51] als Erfüllung einer Forderung bezeichnet.

3.7.2 Qualitätsmanagement-Zertifizierung

Untersuchungen von MAIRE' [89] und der VHV-VERSICHERUNG [68] mit Befragungen von 600 Unternehmen der Baubranche für den Zeitraum 2000–2001 ergaben, dass der Angebotspreis den größten und eine QM-Zertifizierung den geringsten Einfluss auf die Vergabe von Bauleistungen hatten, Abb. 26. (vgl. MAIRE' [89])

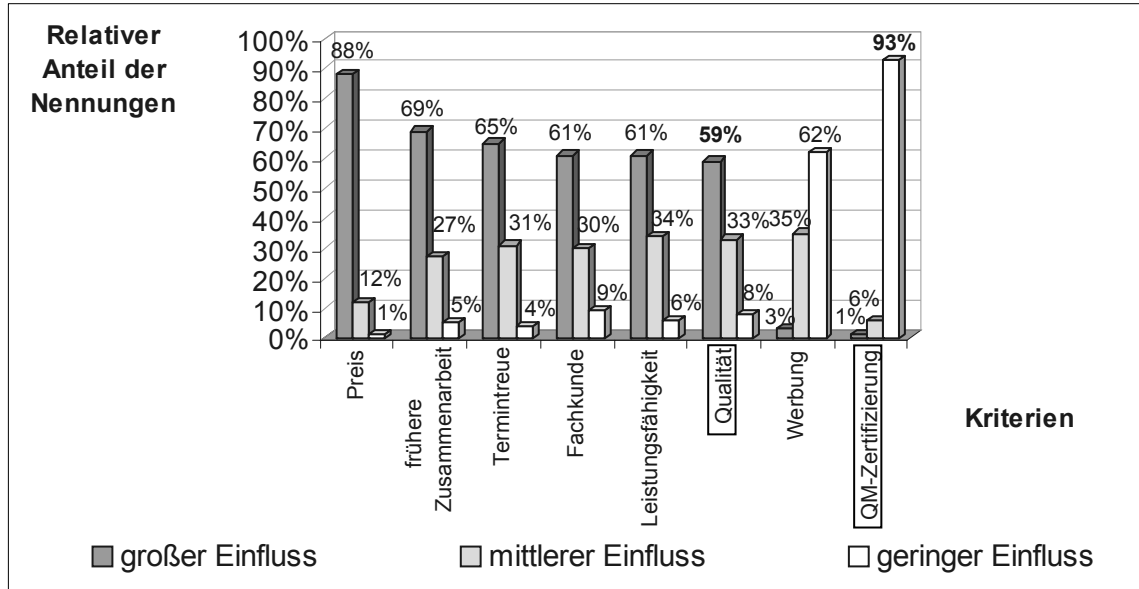


Abb. 26: Einfluss von Kriterien auf die Vergabe von Bauleistungen (VHV [68]/MAIRE' [89])

Die in Abb. 26 dargestellten Einflüsse belegen die Bedeutung der Qualität, aber auch den geringen Einfluss einer QM-Zertifizierung.

Die auftrags- und damit marktorientierten Betrachtungen der VHV sowie eigene betreute Studien von SCHIMMEL [112] und BESSNER [14] lassen erkennen, dass die QM-Zertifizierung nach Meinung von Bauunternehmen lediglich unbedeutende wirtschaftliche Vorteile bringt. Nur 6,5 % der befragten Unternehmen waren zertifiziert (MAIRE' [89]).

Der Jahresbericht 1999 der Deutschen Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen (DQS) [38] belegt, dass zum 31.12.1999 insgesamt 10.073 DQS Zertifikate gültig waren. Der Anteil der Baubranche daran betrug **5 %**.

Dem Jahresbericht 2000 [39] ist die Entwicklung der branchenbezogenen Aufteilung der DQS Zertifikate (Abb. 27) zu entnehmen. Zum 31.12.2000 waren 10.762 DQS Zertifikate gültig. Der Anteil Baubranche beträgt **4,4 %**.

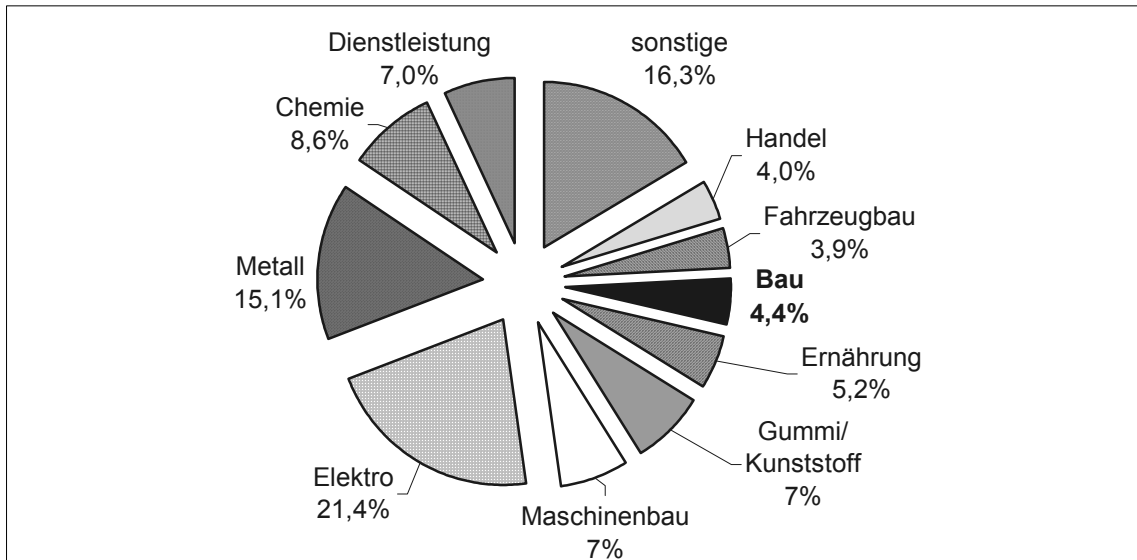


Abb. 27: DQS-Zertifikate, Stand: 31.12.2000, aufgeteilt nach Branchen in Prozent (DQS [39])

Nach Auskunft der DQS [40] (Kundendatenbank) existierten am 31.12.2002 insgesamt 9.667 Unternehmen mit gültigen DQS-Zertifikaten. Der Anteil der Baubranche beträgt mit 287 Unternehmen nur noch **2,97 % (!)**.

Der Anteil Bau-Zertifizierungen, hat sich in 3 Jahren von 5,0 % auf 2,97 % reduziert.

Eine Befragung durch den Verband baugewerblicher Unternehmer Hessen e.V. [22] innerhalb der Mitgliedschaft im Jahr 1995 ergab die in Abb. 28 dargestellten Einwände gegen QM-Zertifizierungen. Angeschrieben wurden 486, mitgewirkt haben 133 hessische Mittelstandsbetriebe. Auf Prozentangaben wurde vom Verband baugewerblicher Unternehmer Hessen e.V. verzichtet.

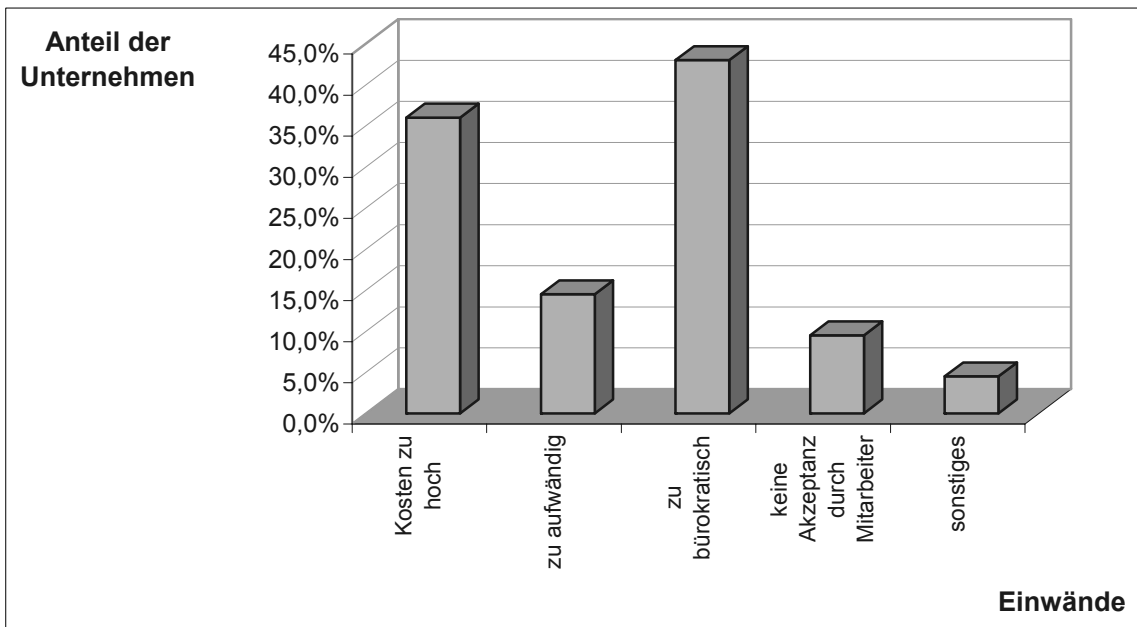


Abb. 28: Einwände gegen die QM-Zertifizierung (BRENDT u.a. [22])

3.8 Bauspezifische Defizite der Qualitätssicherung

1. Es gibt kein einheitliches deutsches oder europäisches Konzept der Qualitätssicherung im Bauwesen. Historisch gewachsene traditionelle Formen halten der europäischen Entwicklung nicht stand.
2. Qualitätssicherungssysteme können nicht ohne weiteres aus anderen Wirtschaftssparten in das Bauwesen übernommen werden. Ein Schwerpunkt der Qualitätssicherung muss darin bestehen, Bauwerke oder mindestens wesentliche Bauteile prototypischer Art absichern zu können.
3. Die Anforderungen an ein Bauwerk (Prototyp) sind im Planungsprozess nicht durchgängig zu definieren. Häufig fehlen Anweisungen aus dem Planungsprozess für die Ausführung von Tätigkeiten. Die Grundvoraussetzung traditioneller Qualitätssicherung ist nicht gegeben.
4. Die Besonderheiten der Bauproduktion (vgl. Abschnitt 3.2) sind ursächlich für das häufige Überlappen von Teilen des Planungs- und Bauausführungsprozesses. Deshalb muss durch Qualitätssicherung abgesichert werden, dass bei einem nicht ausreichenden Planungsprozess Bauqualität dennoch erreicht wird.
5. Die Bauüberwachung durch staatliche Organe, aber auch das System privater Sachverständiger zur Qualitätssicherung berücksichtigen nicht, dass QS als Teil des Qualitätsmanagements ein Wechselspiel zwischen technischen Regeln und Konformitätsnachweis verlangt. Die Überwachung der Kundenzufriedenheit erfordert die Beschaffung und Auswertung geeigneter Informationen. Inhalt der Informationen ist, in welchem Umfang ihre Erfordernisse und Erwartungen erfüllt worden sind. (vgl. DIN EN ISO 9001 [52])
6. Mit seinem zertifizierten Qualitätsmanagementsystem weist ein Unternehmen lediglich nach, dass es prüfbar alle technischen, organisatorischen und kaufmännischen Voraussetzungen hat, um die Leistung in der vom Kunden gewünschten Qualität zu erbringen. Die Sicherung der Bauqualität ist damit noch nicht gewährleistet. Die Akzeptanz von Qualitätsmanagementsystemen nimmt rapide ab.
7. Derzeitige Systeme zur Sicherung der Bauqualität ermöglichen nicht in ausreichendem Maße eine in den Bauprozess integrierte Qualitätssicherung. Die Einbeziehung aller am Bau Beteiligten bleibt unberücksichtigt.

4 NUTZBARE SYSTEME ZUR VERBESSERUNG VON QUALITÄT

4.1 Theoretische Ansätze zur Fehlervermeidung

4.1.1 Fehleranalyse und Fehlerprophylaxe

In diesem Kapitel werden die in Abschnitt 3.1 „Einführung“ genannten Methoden Total Quality Management, Kaizen, Poka Yoke und FMEA aufgegriffen. Ihre Ansätze sollen danach untersucht werden, inwieweit eine Anwendung in der Bauausführung möglich ist.

Das Ideal für eine Fehleranalyse wäre ein umfassendes baubranchenbezogenes Qualitätsmanagementsystem d.h. ein totales Qualitätsmanagement, bezeichnet als **Total Quality Management (TQM)**.

TQM wird in Anlehnung an die im Dezember 2000 zurückgezogene DIN EN ISO 8402 als die durchgängige, fortwährende und alle Bereiche einer Organisation (Unternehmen, Institution, etc.) erfassende aufzeichnende, sichtende, organisierende und kontrollierende Tätigkeit definiert. Diese dient dazu, Qualität als Systemziel einzuführen und dauerhaft zu garantieren.

TQM geht damit über die Anforderungen nach der ISO 9000 [51] hinaus, wenn auch die Fassung 2000 Teile des TQM integriert hat. TQM erfordert eine das ganze Unternehmen erfassende gelebte Qualitätsphilosophie, dabei ist der Qualitätsbegriff umfassend gemeint, nicht nur die Produkt- und die Servicequalität, sondern auch die Qualität im Hinblick auf die Belange der Mitarbeiter, der Umwelt und der Gesellschaft.

Wie problematisch die Anwendung und wie gering die Akzeptanz von Qualitätsmanagementsystemen im Bauwesen ist, wurde in Abschnitt 3.7 dargelegt.

Die in Abschnitt 3.8 aufgeführten bauspezifischen Defizite zwingen die Baubranche neue nutzbare Ansätze zur Qualitätssicherung zu finden.

Der in Japan entstandene Begriff **Kaizen** (KAI heißt "ändern" und ZEN heißt "gut" – zum Guten hin verändern), kann mit "Veränderung zum Besseren" beschrieben werden. Ein Team von 5 bis 10 Mitarbeitern eines oder mehrerer Arbeitsbereiche (z.B. die Kolonne auf der Baustelle oder die Mitarbeiter einer Bauunternehmung) setzt sich periodisch, bei Bedarf auch an jedem Arbeitstag nach der Arbeit, kurzzeitig in sogenannten Qualitätszirkeln zusammen. Damit wird angestrebt, Eigeninitiative und Teamarbeit zu stimulieren. Wenn die Vorgesetzten nicht ausdrücklich widersprechen, sind Vorschläge verbindlich.

Kaizen beruht nicht auf Befehlen von oben, sondern geht nach der "bottom-up-Methode" vor, von unten nach oben. Verbesserungsvorschläge werden jederzeit und überall z.B. durch alle am Bau Beteiligten entwickelt.

Jeder aus dem Team muss (nur) denken, umdenken und in Frage stellen. Ein von Kaizen geprägtes Team hinterfragt sich regelmäßig und sucht nach Möglichkeiten, sich zu verbessern. Kaizen bedeutet also kontinuierliche Veränderungen durch kleine Innovationsschritte.

Wichtig ist, dass Kaizen nie abgeschlossen sein wird. Deshalb kann Kaizen nicht nur Methode sein, sondern vielmehr eine Geisteshaltung für das Finden von Fehlern und Problemlösungen.

Im Gegensatz dazu bezeichnet der japanische Ausdruck **Poka Yoke** (japanisch: Narrensicher) ein aus mehreren Elementen bestehendes Prinzip. Es umfasst technische Vorkehrungen und Einrichtungen zur Fehlervermeidung bzw. zur sofortigen Fehlerrückmeldung. Die Ausrichtung erfolgt dabei besonders auf die unbeabsichtigten Fehler, die dem Menschen innerhalb von Fertigungsprozessen unterlaufen können. Es soll verhindert werden, dass aus einer unkorrekten Handlung ein Fehler am Produkt (Bauteil/Bauwerk) entsteht und sich fortpflanzt.

Das Poka Yoke-Konzept mit Fehlerquellen-Inspektion findet vor allem in Fertigungsbetrieben der stationären Industrie Anwendung. Die personelle oder maschinelle Größe des Unternehmens ist sekundär. Poka Yoke wird, wenn es zu schnellen und umfassenden Ergebnissen gelangen will, im Rahmen von Qualitätszirkeln praktiziert. Gruppenarbeit dient als Hilfsmittel zur Erarbeitung von Poka Yoke, wie umgekehrt auch Poka Yoke Gruppenarbeit verbessert.

Poka Yoke zielt auf den Einsatz von meist technischen Hilfsmitteln wie Einlegehilfen, Anschlägen, Zweiknopfbetrieb usw.. Dabei kann bereits in der Konstruktion und in der Entwicklung durch konsequentes Einhalten der Regeln die Produktionsfreundlichkeit entscheidend beeinflusst werden. Der Schwerpunkt im Prozessdesign liegt in der Arbeitsablauf- und Arbeitsplatzgestaltung, Schaffung einfacher Überwachungseinrichtungen und Vermeidung von Verwechslungen. Die Lösungen sind in der Regel kostengünstig und sofort einführbar. Gruppenarbeit begünstigt die Entwicklung solcher fertigungsbezogener Veränderungen.

Da von Poka Yoke sämtliche in einem Fertigungsprozess hergestellten Teile bzw. Produkte betroffen sind, kann von einer 100 %-oder Vollprüfung gesprochen werden.

Als weitere Methode zur Fehleranalyse ist die **FMEA**-Analyse anzusprechen.

Die grundlegenden Elemente haben sich in der stationären Industrie bewährt und sind in die DIN 25448 „Ausfalleffektanalyse“ [47] aufgenommen worden. Zweck der Analyse ist die qualitative Bewertung von Systemen bzw. Systementwürfen hinsichtlich des Ausfalls einzelner Elemente. Deshalb steht das Auffinden von Schwachstellen im Vordergrund. Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse FMEA (vgl. DIN 25448 [47], HAENES [66] und MASING [90]) ist eine spezielle Methode, um bei der Entwicklung oder Herstellung eines Produktes (auch Bauleistung) Fehlerquellen zeitig zu erkennen. Fehlerverhütungsmaßnahmen können so noch wirksam werden.

Weiterführende Ausführungen enthält Abschnitt 4.1.3 „Die Fehler-Möglichkeits- und -Einfluss-Analyse (FMEA)“.

4.1.2 Expertensysteme

Der Stand der Entwicklung von Qualitätssicherungssystemen wird einerseits durch die Ausarbeitung umfangreicher Checklisten, u.a. von ARLT [4], DAMM [33] und WERNER [129], als Hilfsmittel zur Fehlervermeidung geprägt.

Andererseits wird versucht, über Expertensysteme eine Umsetzung der Ergebnisse aus der Bauschadensforschung zu erreichen.

RIZKALLAH und DÖBBELIN [106] analysieren beispielsweise im Ergebnis einer 17-jährigen Forschungsaktivität 16.000 Schadensakten, werten diese aus und untersuchen die Fehlerquellen. Tausende von Untersuchungsergebnissen werden in Datenbanken verarbeitet und in verschiedenen „Ursachensparten“ gespeichert.

Folgendes Herangehen schlagen RIZKALLAH und DÖBBELIN bei ihrer Analyse vor:

- Entwickeln eines allgemeinen Ablaufschemas mit der Möglichkeit einer systematischen Rückverfolgung von Fehlern bis zur Bauschadensquelle, Abb. 29,
- Aufgliederung der einzelnen Bauschadensfälle in klassifizierbare Gruppen mit bestimmten Merkmalen,
- Durchsicht von Bauschadensakten,
- Umwandlung der Daten in eine bestimmte Datenstruktur und anschließende Einarbeitung in ein vorstrukturiertes Netz \Rightarrow Speicherung der Daten in Datenbanken
- Systematische Analyse vorhandener Daten durch Aufzeigen der Zusammenhänge, die grundsätzlich zum Eintreten von Bauschäden führen (Art, Kosten, Anteil einzelner Bauschadensquellen),
- Herausfiltern der bauschadensrelevanten Fehler,
- Ableitung allgemein gültiger Aussagen zu bauschadensrelevanten Faktoren.

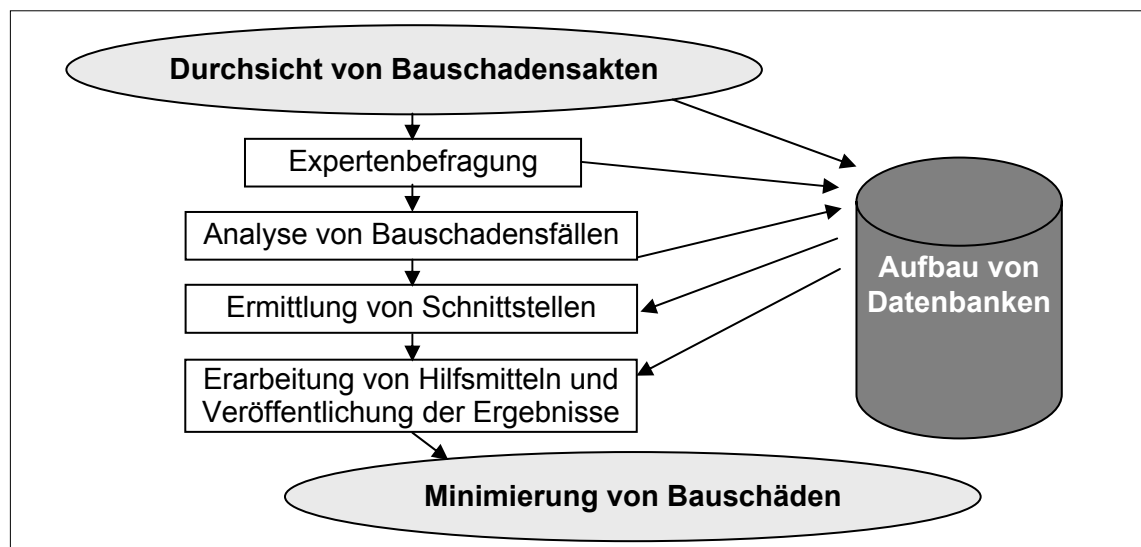


Abb. 29: Vorgehensweise der systematischen Rückverfolgung von Fehlern bis zur Quelle (RIZKALLAH [106])

Ausgewählte Bereiche des Bauwesens werden hinsichtlich folgender Gesichtspunkte untersucht:

- Ableitung der Fehlerschwerpunkte,
- Identifizierung schadensrelevanter Faktoren,
- Ermittlung schadensanfälliger Abläufe und Schnittstellen,
- Erfassung der Schadensursachen,
- Erfassung der Schadenskosten,
- Ermittlung der Risikopotenziale.

Erfasst und berücksichtigt werden Wechselwirkungen der verschiedenen Arbeitsphasen (Planung, Ausführung, Nutzung), Abb. 30.

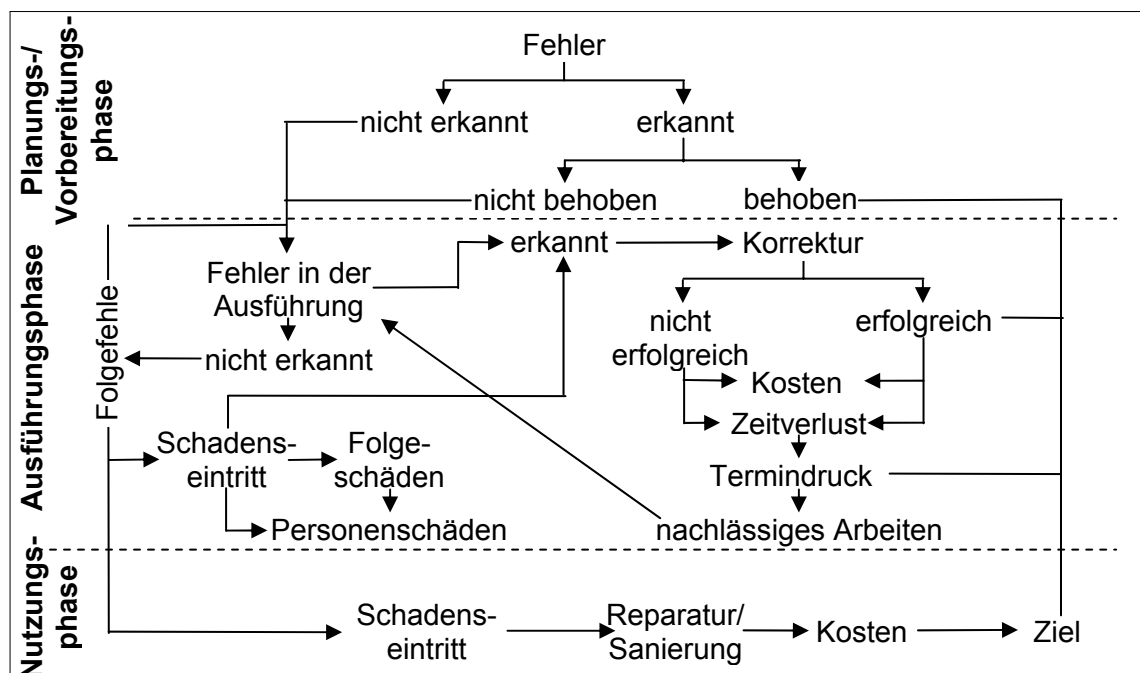


Abb. 30: Gedankenmodell zur Entstehung und Behebung von Fehlern im Bauprozess (RIZKALLAH [106])

Auf der Basis der durch Bauschadensanalysen erworbenen Kenntnisse wird eine Methodik zur Analyse des Restrisikos von Baumaßnahmen erarbeitet.

Planungs- und Bauausführungsabläufe einer Baumaßnahme werden von RIZKALLAH und DÖBBELIN durch verschiedene Prozesse (Tätigkeiten) dargestellt. Diese Prozesse werden unabhängig voneinander hinsichtlich ihres bauschadens-induzierenden Einflusses bewertet. Mit Hilfe der Teileinflüsse wird das „Restrisiko“ aus vorgegebenen Eingangsparametern abgeleitet. Die Bewertung erfolgt durch Ausfüllen eines Fragenkataloges unter möglicher Einbeziehung von Kommentartexten. Hieraus werden Schlüsse auf notwendige Änderungen einzelner Prozesse gezogen.

Die Abschätzung des Restrisikos einer Baumaßnahme mit Hilfe wissensbasierter Computerprogramme zur Schadensprophylaxe soll Hinweise auf das potenzielle Auftreten von Bauschäden und notwendige Gegenmaßnahmen ermöglichen.

Nicht gewährleistet ist durch die Methode nach RIZKALLAH und DÖBBELIN die aktive Qualitätssicherung während der Ausführung und am Ort der Entstehung von Fehlern.

Hierzu stellen HAENES und WELSCH [66] fest, dass der überwiegende Teil durch Menschen verursacht wird. Deshalb haben sie - anders als RIZKALLAH und DÖBBELIN - an einem Demonstrationsobjekt acht Monate im Fertigteilwerk wie auf der Baustelle Fehler ermittelt und einem Fehlerschlüssel zugeordnet. Über Filterfunktionen in Anlehnung an die stationäre Industrie systematisieren sie die Fehler nach Klassen und ermitteln Hauptfehlerverursacher durch Häufigkeitsberechnungen. (vgl. Abb. 31) Durch diese Analysen werden Rückschlüsse auf die Arbeitsgänge, die im wesentlichen zu den Fehlern führten, möglich.

Während die erste Ebene Allgemeingültigkeit besitzt, werden die weiteren Ebenen unternehmensspezifisch definiert.

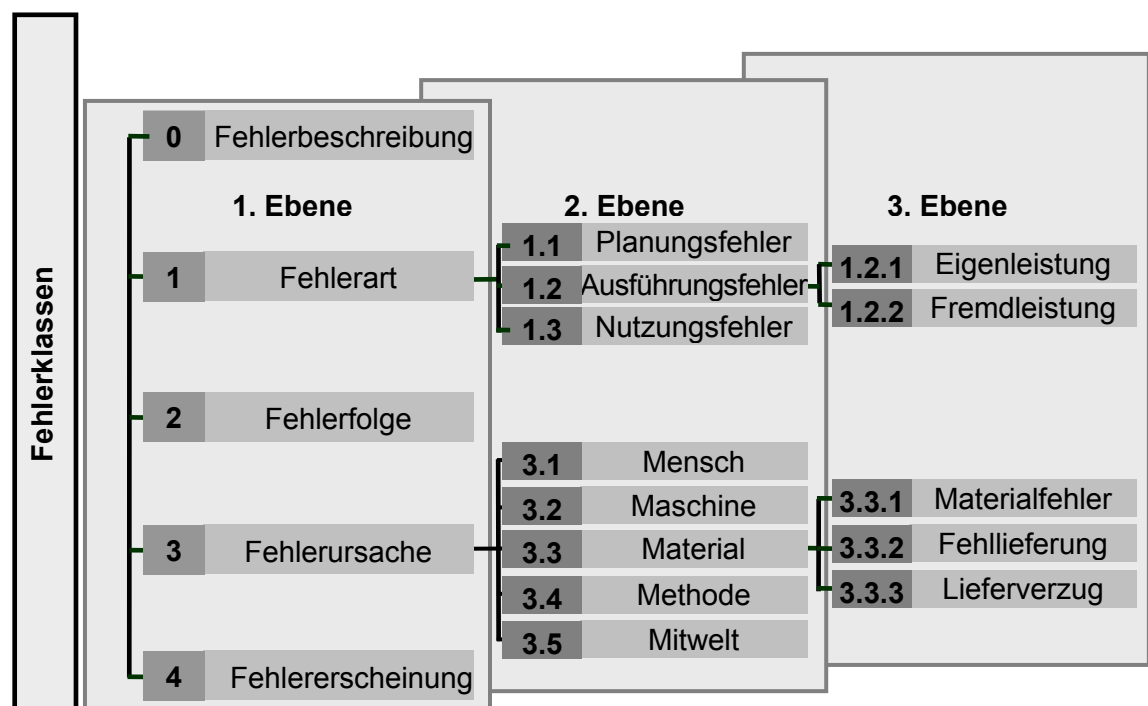


Abb. 31: Ebenen eines mehrgliedrigen Fehlerschlüssel (HAENES/WELSCH [66])

In Auswertung der Ist-Fehlererfassung führen HAENES und WELSCH eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) durch. Diese Ansätze zur FMEA werden im folgenden Abschnitt weiterentwickelt.

Nach Einzelbefragungen der Mitarbeiter erfolgt durch HAENES und WELSCH in einem Formular die systematische Erfassung der Fehlermöglichkeiten und die Zuordnung zu den Teilprozessen. Im Anschluss an die Befragung und Dokumentation katalogisieren sie die Fehler.

Die FMEA liefert dem Unternehmen Erkenntnisse über Schwachstellen im Bauablauf. Auch hier wurde durch HAENES und WELSCH festgestellt, dass Hauptverursacher die Menschen sind.

Werkzeuge zur aktiven Qualitätssicherung werden aber auch durch HAENES und WELSCH nicht entwickelt. Das Expertensystem wurde nur retrospektiv angewendet.

4.1.3 Die Fehler-Möglichkeiten- und -Einfluss-Analyse (FMEA)

Die Bauproduktion ist durch Auftrags-, Einzel- und Langfristfertigung geprägt, doch wiederholen sich ähnliche Prozesse. Voraussetzungen für einen Einsatz der FMEA sind somit in der Bauwirtschaft gegeben. (vgl. HAENES [66] und Abschnitt 3.2)

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ist eine Methodik des Qualitätsmanagements zur vorbeugenden Fehlervermeidung. Sie wird insbesondere in der Entwicklungsphase von Produkten oder Prozessen in der stationären Industrie angewandt.

FMEA folgt dem Grundgedanken einer vorsorgenden Fehlerverhütung anstelle einer nachsorgenden Fehlererkennung und -korrektur. Erreicht wird dies durch frühzeitige Identifikation potenzieller Fehlerursachen bereits in der Entwurfsphase (als Teil des Planungsprozesses, vgl. Abschnitt 3.3.2 „Prozess- und Produktqualität“) und im weiteren im Bauausführungsprozess. Damit sind anfallende Baumängel- oder Bauschadensbeseitigungskosten in der Ausführungsphase oder sogar bei der Bauabnahme zu vermeiden. Durch eine systematische Vorgehensweise und die Archivierung der dabei gewonnenen Erkenntnisse wird zudem der Wiederholung von Baumängeln bei neuen Bauteilen, Bauwerken und Bauprozessen vorgebeugt.

Die Methodik der FMEA ist in der stationären Industrie in der Entwicklungsphase am wirtschaftlichsten. Denn, je später ein Fehler, Baumangel oder Bauschaden entdeckt wird, desto schwieriger und kostenintensiver wird seine Korrektur sein.

Die FMEA kann in drei Teilmethoden unterteilt werden:

- Die Konstruktions-FMEA zielt auf die Konstruktion einzelner Bauteile/Bauwerke.
- Die Prozess-FMEA stützt sich auf die Ergebnisse der Konstruktions-FMEA und befasst sich mit möglichen Schwachstellen im Fertigungs- oder Leistungsprozess.
- Die System-FMEA untersucht das Zusammenwirken von Teilsystemen in einem übergeordneten Systemverbund bzw. das Zusammenwirken mehrerer Komponenten in einem komplexen System. Sie zielt dabei auf die Identifizierung potenzieller Schwachstellen, insbesondere an Schnittstellen.

Die Teilmethoden der FMEA werden in der stationären Industrie meist voneinander unabhängig und häufig von unterschiedlichen Personengruppen durchgeführt.

Abb. 32 zeigt eine Übersicht von BREIING und KUNZ [21] über den Innovationsprozess in der stationären Industrie am Beispiel eines mechatronischen Systems³⁹. Darin integriert sind die drei unterschiedlichen Teilmethoden der FMEA.

³⁹ Mechatronische Systeme verknüpfen mechanische und elektronische Komponenten, um die Leistungsfähigkeit klassischer Systeme zu verbessern und vollständig neue Funktionen zu realisieren.

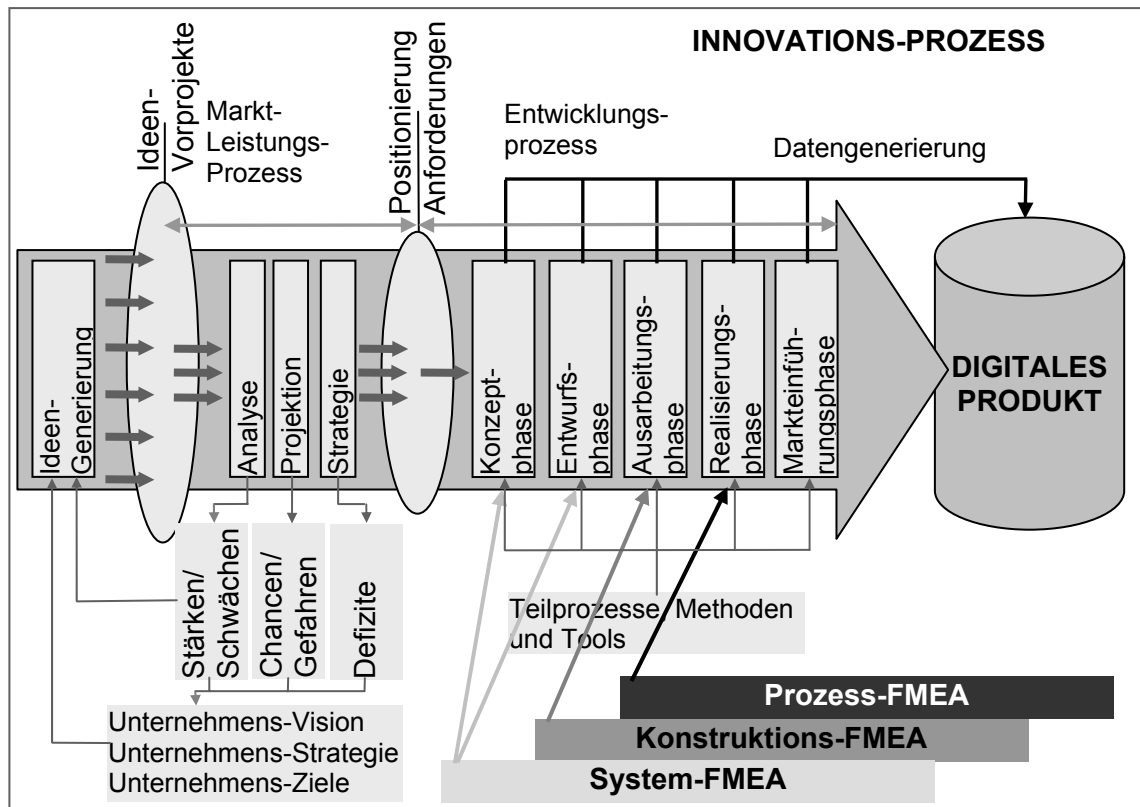


Abb. 32: Eingliederung der FMEA-Teilmethoden in die Produktentwicklung der stationären Industrie (BREIING/KUNZ [21])

Nach BREIING/KUNZ [21] macht es die Komplexität heutiger Produkte, bei denen der Entwicklungsprozess durch starke Parallelisierung gekennzeichnet ist, schwierig, Trennungen der FMEA-Teilmethoden bei der Durchführung einer FMEA konsequent zu berücksichtigen. Außerdem werden in vielen FMEA-Sitzungen mehr und mehr alle drei Bereiche in gemischter Fragestellung behandelt. In diesem Fall besteht Klärungsbedarf, ob die in Abb. 32 dargestellte Unterteilung noch sinnvoll ist.

Parallelen zum Bauwesen sind infolge der Überlappung von Planung und Ausführung vorhanden.

Nach BREIING/KUNZ ist es nicht sinnvoll, die Trennung einzelner FMEA-Teilmethoden durchzuführen. Es besteht die Forderung, alle drei Teilmethoden gleichzeitig durchzuführen, um damit Synergien des Qualitätszirkels nutzen zu können.

Die umfassende Betrachtung des Bauwerks (Produktes), seiner Bauteile und seiner Funktionsweise über den kompletten Entwicklungsprozess ermöglicht es, mögliche Fehler, Baumängel oder Bauschäden zu erkennen.

Für die Anwendung ist ein FMEA-Team (Qualitätszirkel) aus Mitarbeitern verschiedener Unternehmensfunktionen zu bilden. Einzubeziehen sind u.a. technische Leiter/Kalkulatoren, Einkäufer, Bauleiter, Sachverständige und der Bauherr. Der Analyseprozess wird mit Hilfe von geeigneter Software (oder anfänglich mit Formblättern) in formalisierter Weise durchgeführt.

Bei der Durchführung einer FMEA werden folgende Punkte bearbeitet:

- Problem abgrenzen (Arbeitsabläufe → Teilprozesse),
- Teilnehmerkreis für ein FMEA-Team festlegen (z.B. TL⁴⁰, EK⁴¹, BL⁴², SV⁴³, BH⁴⁴),
- Bauschäden, Baumängel und Fehler sammeln (Literatur, Gespräche vor Ort, Auswertung der Ansprüche der Bauherren auf Mängelbeseitigung),
- diese Bauschäden, Baumängel und Fehler in ein FMEA-Formular übertragen,
- Analyse der Bauschäden, Baumängel und Fehler durchführen (z.B. mit TL, EK, BL, SV, BH).

Den fixierten denkbaren Fehlern sind die Folgen (Bauschäden) sowie die Fehlerursachen zuzuordnen. Aus aufgetretenen Bauschäden und Baumängeln sind die möglichen Fehler und deren Ursachen abzuleiten.

Für Fehlerursachen werden Gegenmaßnahmen diskutiert.

Prüfmaßnahmen sind aufzuführen, damit sie bei der nachfolgenden Risikobeurteilung berücksichtigt werden können.

Die möglichen Fehler werden bei der Risikobeurteilung vollzählig hinsichtlich der

- Wahrscheinlichkeit des Auftretens (Risikobewertungszahl RA),
- Bedeutung anhand ihrer Auswirkungen (Risikobewertungszahl RB),
- Wahrscheinlichkeit einer Entdeckung (Risikobewertungszahl RE),

anhand einer jeweils von 1 bis 10 reichenden Skala bewertet.

In den folgenden Abschnitten sollen diese näher erläutert werden.

Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Fehlern (RA)

Hierbei wird davon ausgegangen, mit welcher Wahrscheinlichkeit der Fehler auftritt und nicht bemerkt wird, ehe der Auftraggeber das Bauteil/Bauwerk in Nutzung nimmt. Angaben zur numerischen Bewertung der Wahrscheinlichkeit erfolgen in Spalte 2 der Tab. 2.

Tab. 2: Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Fehlern, Baumängeln oder Bauschäden und Risikobewertungszahl RA

Wahrscheinlichkeit des Auftretens	Risikobewertungszahl RA
SEHR GERING	1
GERING	2–3
MÄSSIG	4–7
HOCH	8–9
SEHR HOCH	10

⁴⁰ Technischer Leiter/Kalkulator

⁴¹ Einkäufer

⁴² Bauleiter

⁴³ Sachverständiger

⁴⁴ Bauherr

Bedeutung der Fehler (RB)

Die Bewertung spiegelt die Auswirkungen von Fehlern wieder. Angaben zur numerischen Bewertung der Bedeutung erfolgen in Spalte 2 der Tab. 3.

Tab. 3: Bedeutung der Fehler, Baumängel oder Bauschäden anhand ihrer Auswirkungen und Risikobewertungszahl RB

Bedeutung (Auswirkung des Fehlers, Baumangels oder Bauschadens)	Risikobewertungszahl RB
Es ist UNWAHRSCHEINLICH, dass der Fehler eine wahrnehmbare Auswirkung auf die Leistung haben könnte. Der Fehler wird wahrscheinlich nicht bemerkt.	1
Der Fehler ist unbedeutend und die Leistung wird nur GERINGFÜGIG beeinträchtigt.	2–3
MITTELSCHWERER FEHLER, der die Leistung beeinträchtigt.	4–6
SCHWERER FEHLER, schränkt die Nutzungsfähigkeit der Leistung ein.	7–9
ÄUSSERST SCHWERWIEGENDER FEHLER, die Leistung kann für den vorgesehenen Nutzungszweck nicht mehr verwendet werden.	10

Wahrscheinlichkeit einer Entdeckung von Fehlern (RE)

Mit der Wahrscheinlichkeit der Entdeckung ist zu bewerten, inwiefern Fehler, Baumängel oder Bauschäden (inkl. deren Ursache oder auch Ursachen) vor der Abnahme bzw. Fertigstellung zu entdecken sein dürften. Angaben zur numerischen Bewertung erfolgen in Spalte 2 der Tab. 4.

Tab. 4: Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeit einer Entdeckung von Fehlern und Risikobewertungszahl RE

Wahrscheinlichkeit der Entdeckung (vor der Abnahme bzw. Fertigstellung)	Risikobewertungszahl RE
HOCH Funktioneller Fehler, der bei den nachfolgenden Arbeitsgängen bemerkt wird.	1
MÄSSIG Augenscheinliches Fehlermerkmal	2–5
GERING Leicht zu erkennender Fehler	6–8
SEHR GERING Schwer zu erkennender Fehler	9
UNWAHRSCHEINLICH Das Merkmal wird nicht geprüft, bzw. kann nicht geprüft werden. Verdeckter Fehler, der nicht erkannt wird.	10

Die Bedeutung der Risikoprioritätszahl (RPZ)

Für alle Fehler-, Baumangel- und Bauschadensursachen ist die Risikoprioritätszahl (RPZ) durch Multiplizieren der drei Bewertungszahlen (RA, RB und RE) zu errechnen:

$$\text{RPZ} = \text{RA} \times \text{RB} \times \text{RE}$$

Die Risikoprioritätszahl (RPZ) zeigt, welche möglichen Fehler, Baumängel oder Bauschäden folgenschwerer als andere sind. Für diese sind vorrangig Präventivmaßnahmen durch entsprechende Prüfungen einzuleiten. Da die Bewertungen einer FMEA unvermeidbar oft subjektiv sind, sind Auslegungen, dass bei kleiner RPZ Maßnahmen nicht erforderlich seien, falsch.

Es sind alle aufgeführten Fehler-, Baumangel- und Bauschadensursachen auf Verbesserungsmaßnahmen zu prüfen, um die geforderte Qualität eines Bauwerks zu erreichen. Aus Gründen der Effektivität kann dabei in der absteigenden Größe der RPZ vorgegangen werden.

Die RPZ legt die Reihenfolge der Maßnahmen fest, die zur Vermeidung von Fehlern, Baumängeln oder Bauschäden erforderlich sind.

Die FMEA sollte ständig erhalten und gepflegt werden, so dass bei besonderen Vorkommnissen (Zunahme von Baumängeln und Bauschäden, Mängelansprüchen usw.) das Nachvollziehen und die Überarbeitung im Team (Qualitätszirkel) möglich sind. In periodischen Abständen sind wiederholte Bewertungen vorzunehmen, die zu neuen, möglichst niedrigeren RPZ führen.

Folgende Vorteile der FMEA gegenüber anderen Methoden der Fehleranalyse und Fehlerprophylaxe führen zu weiteren Untersuchungen von Anwendungsmöglichkeiten bei der Qualitätssicherung in der Bauausführung:

- Eignung zur Anwendung bei Prototypen,
- frühzeitig durchgeführte Analyse, damit Ansatz der Fehlerprophylaxe,
- aus möglichen Fehlern und möglichen Fehlerursachen können Kriterien zur Fehlervermeidung abgeleitet werden,
- in der Entwurfsphase ist bereits mit verhältnismäßig geringem Aufwand ein Optimum zwischen mehreren Kriterien (z.B. den sicherheitstechnischen Belangen, den gewünschten Funktionen und den Kosten) zu erreichen,
- Fehlerquellen sind schon in der Entwurfsphase zu erkennen, Fehlerverhütungsmaßnahmen können wirksam werden.
- Einbindung zwischen Planung und Ausführung.

4.2 Geeignete Prinzipien zur Qualitätssicherung von Bauprodukten

4.2.1 Konformität als Qualitätsvoraussetzung

Konformität als Erfüllung festgelegter Forderungen (vgl. ISO 9000) gilt für qualitätsbezogene Normen. Sie reicht in ihrer allgemeinen Form jederzeit aus und erscheint unangreifbar.

Da die Forderungen in der Praxis jedoch vielfach Ermessensspielraum beinhalten, ist der Abgleich der Konformität nicht immer einfach festzustellen. Dies gilt insbesondere, wenn nicht einzelne Merkmale, sondern z.B. Prozessabläufe zu bewerten sind.

DIN EN ISO 9001 [52], Abschnitt 7.6 verlangt: „Die Organisation⁴⁵ muss die zum Nachweis der Konformität des Produkts mit festgelegten Anforderungen vorzunehmenden Überwachungen und Messungen und die erforderlichen Überwachungs- und Messmittel ermitteln. Die Organisation muss Prozesse einführen, um sicherzustellen, dass Überwachungen und Messungen durchgeführt werden können und in einer Weise durchgeführt werden, die mit den Anforderungen an die Überwachung und Messungen vereinbar ist.“

Voraussetzung hierfür ist, dass die Messmittel in Anlehnung an die DIN EN ISO 9001 [52], Abschnitt 7.6

- a.) in festgelegten Abständen oder vor dem Gebrauch kalibriert oder verifiziert werden anhand von Messnormalen, die auf internationale oder nationale Messnormale zurückgeführt werden können. Wenn es derartige Messnormale nicht gibt, muss die Grundlage für die Kalibrierung oder Verifizierung aufgezeichnet werden;
- b.) bei Bedarf justiert oder nachjustiert werden;
- c.) gekennzeichnet werden, damit der Kalibrierstatus erkennbar ist;
- d.) gegen Verstellung gesichert werden, die das Messergebnis ungültig machen würden;
- e.) vor Beschädigung und Verschlechterung während der Handhabung, Instandhaltung und Lagerung geschützt werden.

In den folgenden zwei Abschnitten wird untersucht, inwieweit bewährte Prinzipien der Bauproduktenrichtlinie [12] und der Betonherstellung nach der DIN EN 206-1 [49], der DIN 1045-2 [42] und der DIN 1045-3 [43] zur Qualitätssicherung in der Bauausführung anwendbar sind.

Eine Verbindung zwischen Bauproduktenrichtlinie und DIN EN 206/DIN 1045 ergibt sich über die Bauregelliste, herausgegeben vom DIBt (vgl. Abschnitt 3.4.1). Bauprodukte für den Beton- und Stahlbetonbau zählen zu den geregelten Bauprodukten der Bauregelliste A Teil 1.

⁴⁵ Organisation ist eine Gruppe von Personen und Einrichtungen mit einem Gefüge von Verantwortlichkeiten, Befugnissen und Beziehungen. (DIN ISO 9000 [51])

4.2.2 Europäisches und deutsches Konzept der Bauproduktenrichtlinie

Das europäische System zum Nachweis der Brauchbarkeit von Bauprodukten beinhaltet, dass die Bauprodukte europäischen technischen Spezifikationen entsprechen müssen. Sie sind nach der Bauproduktenrichtlinie (BauPRiLi) [12] vorwiegend als europäische Produktnormen zu erarbeiten.

Der Bereich der nicht genormten Produkte ist durch europäische technische Zulassungen (ETAs) abzudecken. Diese können von nationalen Zulassungsstellen, die der EU-Kommission benannt werden, auf der Basis von Zulassungsleitlinien erteilt werden.

Wenn die grundsätzliche Brauchbarkeit eines Produkts im Rahmen der Norm bzw. im Rahmen der ETAs erwiesen ist, muss festgestellt werden, ob es mit der Norm bzw. der Zulassung übereinstimmt. Der Hersteller bestätigt diese Übereinstimmung durch das CE-Zeichen.

Wie bei dem in Deutschland noch gültigen und angewandten Übereinstimmungsnachweis durch das Ü-Zeichen (vgl. Abschnitt 3.4.1), werden unterschiedliche Verfahren festgelegt. Diese richten sich nach der Bedeutung des Produkts für die öffentliche Sicherheit und Ordnung bzw. nach der Fehlerempfindlichkeit des Produktionsverfahrens. Sie sind der Herstellererklärung über die Übereinstimmung des Produkts zugrunde zu legen.

Die in Deutschland bisher bekannten drei Verfahren

- ÜH (Übereinstimmungserklärung des Herstellers ohne Beteiligung dritter Stellen),
- ÜHP (Übereinstimmungserklärung des Herstellers nach vorheriger Prüfung durch eine anerkannte Prüfstelle),
- ÜZ (Übereinstimmungserklärung auf der Basis eines Zertifizierungsverfahrens durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle)

sind in der vom DIBt in Abstimmung mit den Bundesländern veröffentlichten Bauregelliste (vgl. Abschnitt 3.4.1) niedergelegt. Für jedes Produkt ist angegeben, welches Übereinstimmungsverfahren zu wählen ist.

Die korrespondierenden europäischen Verfahren sind etwas differenzierter aufgebaut. Statt der drei deutschen gibt es sechs europäische Übereinstimmungsverfahren.

In den nachstehenden zwei Tabellen (Tab. 5 und Tab. 6) ist die Zuordnung der jeweils anzuwendenden Konformitätsnachweisverfahren zu den Systemen verdeutlicht.

Tab. 5: Darstellung der Konformitätsnachweisverfahren (Merkblatt Bauproduktenrichtlinie [93])

	Art der Bescheinigung	Produkt-zertifizierung		Konformitätserklärung durch den Hersteller			
	Konformitätsnachweisverfahren System	1+	1	2+	2	3	4
Hersteller	WPK (Werkseigene Produktionskontrolle)	X	X	X	X	X	X
	Prüfung von Proben nach festgelegtem Prüfplan	X	X	X	X		
	Erstprüfung des Produkts			X	X		X
Prüfstelle	Erstprüfung des Produkts	X	X			X	
	Stichprobenprüfung des Produkts	X					
Überwachungs-stelle	Erstinspektion des Werkes und der WPK	X	X	X	X		
	Laufende Überwachung mit Beurteilung der WPK	X	X	X			
Zertifizierungs-stelle	Erteilung eines EG-Konformitätszertifikats	X	X				
	Bestätigung (Zertifikat zur WPK)			X	X		

☒ zutreffend
 ☐ nicht zutreffend

Durch Werkseigene Produktionskontrolle⁴⁶ (WPK) stellt der Hersteller sicher, dass die von ihm hergestellten Bauprodukte den Bestimmungen der zugrunde liegenden Technischen Spezifikationen entsprechen.

Auch wenn nicht ganz deckungsgleich, lassen sich die europäischen Übereinstimmungsnachweisverfahren den deutschen Nachweisverfahren zuordnen. (vgl. Tab. 6)

Die Frage, welches der Übereinstimmungsnachweisverfahren für das jeweilige Produkt zu wählen ist, wird gemäß BauPRiLi [12] durch die EU-Kommission entschieden. (vgl. Abschnitt 3.4.1)

Inzwischen liegt für eine Vielzahl von Produkten die Entscheidung über das anzuwendende Übereinstimmungsnachweisverfahren vor (vgl. Auszug, Tab. 6).

⁴⁶ Werkseigene Produktionskontrolle ist die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung und Lenkung der Produktion für jedes Herstellwerk. (DIN 18200 [45])

Tab. 6: Darstellung der Elemente des Konformitätsnachweises mit Beispielen (KLINGELHÖFER [83])

Europ. Nachweisverfahren	Elemente des Konformitätsnachweises/Produktbeispiele	nationales Übereinstimmungsverfahren
1+	Produktzertifizierung mit Produktprüfung <ul style="list-style-type: none"> - Betonstahl, Bewehrungsstahl, Spannstahl - Mechanische Verbindungen und Verankerungen von Betonstabstahl für Bewehrungen - Bausätze zum Nachspannen von vorgespannten Bauteilen - Zemente, Spezialzemente - Zusatzstoffe (Typ II) für Beton, Mörtel und Einpressmörtel. 	ÜZ
1	Produktzertifizierung ohne Produktprüfung <ul style="list-style-type: none"> - Feuerschutztüren und Beschläge für Türen - Bausätze für Trennwände - Bausätze für flüssig aufzubringende Dachabdichtungen - Bausätze für lichtdurchlässige Bedachungen - Brandschutzabschottungen und Brandschutzbekleidungen für die Brandabschnittsbildung 	kein entspr. nationales Verfahren
2+	Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle mit laufender Überwachung	kein entspr. nationales Verfahren
2	Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle ohne laufender Überwachung	kein entspr. nationales Verfahren
3	werkseigene Produktionskontrolle und Erstprüfung durch notifizierte Prüfstelle <ul style="list-style-type: none"> - Feuchtigkeitssperren - Dachunterspannbahnen - Produkte für die Abwasserentsorgung - Bausätze für abgehängte Decken 	ÜHP
4	werkseigene Produktionskontrolle und Erstprüfung durch Hersteller <ul style="list-style-type: none"> - Produkte, die im Hinblick auf das Brandverhalten nicht mehr geprüft werden müssen. 	ÜH

Wenn erreicht werden soll, dass die Eigenschaften der Produkte mit ausreichender Zuverlässigkeit eingehalten werden, sind in den Produktnormen und den ETAs für die werkseigene Produktionskontrolle präzise Vorgaben zu machen.

Beispielsweise für Feuerabschlüsse (Feuerwiderstandsprüfungen) wäre der Aufwand im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle erheblich. Hilfsweise wird bei den Bauteilen daher in der Regel auf eine sorgfältige Kontrolle der Abmessungen und anderer Eigenschaften sowie den Einbau von Einzelprodukten zurückgegriffen. Die werkseigene Produktionskontrolle und die Fremdüberwachung stützen sich bei Türen derzeit im Wesentlichen auf die Überprüfung der Profile, der Dämmstoffe, ihren Einbau, den Abstand von Schweißnähten, die Passgenauigkeit zwischen Türblatt und Zarge usw.. Bei Abmessungskontrollen und Konstruktionsüberprüfungen werden insbesondere die Details kontrolliert, die Einfluss auf die Feuerwiderstandsdauer oder die Dauerfunktionstüchtigkeit haben. (KLINGELHÖFER [83])

Das Konzept dieser Regelungen lässt erkennen, dass die Verantwortung für die Feststellung der Konformität weitgehend auf den Hersteller übertragen ist. Das System 1+, das dem bisherigen ÜZ in Deutschland entspricht, ist nur für Produkte vorgesehen, die unmittelbar die Standsicherheit von Gebäuden beeinflussen.

Problematisch ist, dass im Konzept der BauPRiLi die Schnittstelle zur Bauausführung häufig nur über Merkblätter zum Produkt oder Herstellerrichtlinien berücksichtigt wird. Nach Bauproduktenrichtlinie stellt das auf der Baustelle zusammengesetzte Bauteil/Bauwerk kein Bauprodukt dar. Es erfolgt für die örtliche Ausführung meist kein Nachweis der jeweiligen Technischen Spezifikationen.

Als Beispiel sei benannt, dass beim Einbau einer feuerbeständigen Tür auf der Baustelle auf nachweisliche Kontrollen verzichtet wird. Eine feuerbeständige Tür, deren Rahmenanschlüsse an das Bauwerk nicht den Forderungen entsprechen, erfüllt jedoch die Anforderungen an den Brandschutz nicht mehr.

4.2.3 Produktionskontrollen bei der Betonherstellung

Nach DIN EN 206-1 [49] und DIN 1045-2 [42] ist jeder Beton unter der Verantwortung des Herstellers einer Produktionskontrolle zu unterziehen.

Der Hersteller ist für die Beurteilung der Konformität des Betons mit den festgelegten Betoneigenschaften verantwortlich. Der Hersteller⁴⁷ muss folgende Aufgaben durchführen:

- Erstprüfungen,
- Produktionskontrolle.

Vor Verwendung einer neuen Betonzusammensetzung ist durch den Hersteller eine Erstprüfung durchzuführen. Die festgelegten Eigenschaften sind mit einem ausreichenden Vorhaltemaß zu versehen. Die Erstprüfung kann durch so genannte Langzeiterfahrung ersetzt werden. Das Prinzip ist anwendbar auf einzelne Betone und Betonfamilien. (vgl. auch ASSBROCK [7])

Der Konformitätsnachweis ist integraler Bestandteil der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers. Über den Konformitätsnachweis erfolgt die Nachprüfung, ob der Beton mit der Festlegung übereinstimmt. Im Rahmen der Fremdüberwachung wird die Konformität der gesamten werkseigenen Produktionskontrolle einschließlich des Konformitätsnachweises überprüft. [7]

Die Prüfung ist nach DIN EN 206-1 [49] durchzuführen. Andere Prüfverfahren dürfen angewandt werden, falls Korrelationen oder gesicherte Zusammenhänge zwischen deren Ergebnissen und der DIN 206-1 existieren.

Ausgangsstoffe, Ausrüstung, Herstellverfahren und Betone müssen in Hinblick auf ihre Konformität mit den Festlegungen und den Anforderungen der DIN EN 206-1 [49]/DIN 1045-2 [42] überwacht werden.

Die Kontrolle der Ausstattung muss sicherstellen, dass die Vorrichtungen für die Lagerung, die Wäge- und Messeinrichtungen, der Mischer und die Steuerungsgeräte in einem geeigneten Betriebszustand sind.

⁴⁷ Hersteller ist eine Person oder Stelle, die den Frischbeton herstellt. (DIN EN 206 [49])

Überwachungsanforderungen an die Eigenschaften von Beton sind in der Tabelle 24 der DIN EN 206-1 [49] enthalten.

Die Verantwortung, die Weisungsbefugnis und das Einbeziehen des gesamten Personals, das die Tätigkeiten leitet, verrichtet und überprüft, werden nach DIN EN 206-1, Abschnitt 9 [49] in einem dokumentierten System der Produktionskontrolle beschrieben.

Durch die Dokumentation aller qualitätsrelevanten Prozesse in einem Handbuch wird ermöglicht, dass die Anforderungen der werkseigenen Produktionskontrolle eindeutig erkannt, die Verfahren eingehalten und die Ergebnisse regelmäßig überprüft werden.

Die Aufzeichnungen der Produktionskontrolle sind nach DIN 1045-2 [42] mindestens fünf Jahre aufzubewahren und der Überwachungsstelle oder der Zertifizierungsstelle auf Verlangen vorzuzeigen.

Für die Abnahme des Betons auf der Baustelle sind vom Verwender die in der DIN 1045-3 [43] Tabelle A.1 angegebenen Prüfungen (z.B. Prüfung des Lieferscheines) durchzuführen. Diese sind Schnittstelle zu einer Qualitätssicherung in der Bauausführung.

4.3 Baubegleitende Prüfungen und deren Dokumentation

4.3.1 Anforderungen

Qualitätssicherung hat zu sichern, dass alle die Qualität eines Bauwerks beeinflussenden Teilprozesse in angemessener Form dokumentiert werden. (SCHNEIDER [113])

Durch die Erfassung und Dokumentation von Prüfdaten muss nachweislich mehr Vertrauen zwischen den am Bau Beteiligten und in die erbrachten Leistungen erzeugt werden.

Wesentliche Grundlagen baubegleitender Prüfungen sowie deren Dokumentationen sind:

1. Objektivität
2. Schnelligkeit (der Ergebnisaussage)
3. statistische Relevanz (Repräsentativität)
4. Vernetzung und Zusammenspiel aller Prüfungen
5. geeignete Soft- und Hardwareunterstützung.

zu 1. Objektiv bedeutet strenge Sachlichkeit, d.h. Darstellung unter größtmöglicher Ausschaltung des Subjektiven.

zu 2. Schnelligkeit der Ergebnisaussage besagt, dass die Ergebnisse der Prüfungen zeitnah zur Herstellung des Bauteils vorliegen.

zu 3. Statistische Relevanz berücksichtigt die bauschadensrelevanten Bauteile und die jeweiligen qualitätsrelevanten Teilprozesse.

- zu 4. Vernetzung und das Zusammenspiel aller Prüfungen beziehen sich auf die Integration aller am Bau Beteiligten. Einflussgrößen sind aufeinander abzustimmen.
- zu 5. Bei Verwendung von Soft- und Hardware zur Überwachung und Messung festgelegter Anforderungen muss die Eignung dieser Software für die beabsichtigte Anwendung bestätigt werden. Softwareprogramme, als wesentlicher Bestandteil einer Messapparatur, müssen als Prüfmittel betrachtet werden, d.h. sowohl die Anforderungen an Prüfmittel als auch die Anforderungen an Softwareprodukte erfüllen. Die ISO/IEC 9126-1 (Software-Engineering – Qualität von Software-Produkten – Teil 1: Qualitätsmodell) [74] legt diese Qualitätsmerkmale fest.

Aufbauend auf diesen theoretischen Grundlagen werden in den folgenden Abschnitten Methoden der Prüfdatenerfassung, die Erfassung der Prüfdaten und die Dokumentation der Prüfergebnisse aufgezeigt.

4.3.2 Methoden der Prüfdatenerfassung

Die Datenerfassung für die Qualitätssicherung erfolgt nach folgenden Methoden:

- a.) Zerstörungsfreie Prüfmethoden
- b.) Zerstörungsarme Prüfmethoden
- c.) Zerstörende Prüfmethoden.

zu a.) Zerstörungsfreie Prüfmethoden sind zumeist Oberflächenuntersuchungen, aber auch Methoden die einen Informationsaustausch zwischen Sender (im oder am Bauteil/Bauwerk) und Empfänger ermöglichen.

z.B. der Nachweis auf Einhaltung von Toleranzen der Ebenheit, die Messung von Feuchtigkeit über den elektrischen Widerstand (vgl. GANN [63]), Lasermethoden oder der Einsatz von Sensorchips zur Feuchtigkeitsmessung. (vgl. hierzu SCHICKERT [109])

zu b.) Zerstörungsarme Prüfmethoden dienen zur Prüfung von Baustoffeigenschaften und Inhomogenitäten.

z.B. der Bitumendickbeschichtung einer Kelleraußenwandabdichtung im Keilschnitt-Verfahren (Schichtstärkenmessung) nach DIN 18195 [44].

zu c.) Zerstörende Prüfmethoden werden zur baustoffseitigen Qualitätssicherung von Materialkennwerten eingesetzt.

z.B. Herstellung von Probewürfeln im Rahmen der Betonverarbeitung zum Nachweis der späteren Betoneigenschaften.

Da Zerstörungen Beeinträchtigungen im Bauprozess und zusätzliche Aufwendungen (Zeit, Kosten) verursachen, sollte die Datenerfassung durch zerstörungsfreie und zerstörungsarme Prüfmethoden erfolgen.

4.3.3 Erfassung der Prüfdaten

Die Erfassung von Prüfdaten ist durch Sinneswahrnehmung (subjektiv) oder durch Messen (objektiv) möglich. (vgl. Abb. 33)

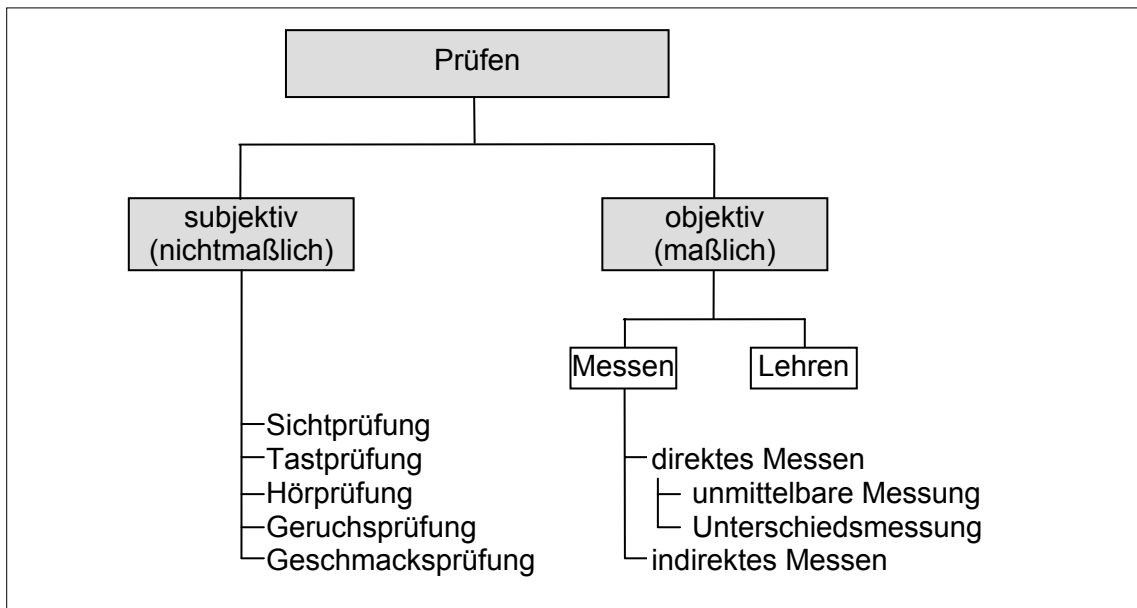


Abb. 33: Einteilung der Prüfdatenerfassung (siehe TRUMPOLD, enthalten in [90])

Beim **subjektiven**, dem nichtmaßlichen **Prüfen**, werden qualitative Eigenschaften einer Skala zugeordnet, deren Abstände nicht exakt definiert werden können.

Diese Eigenschaften können bewertet werden:

- als Ordinalmerkmale über eine Rangordnung, z.B. mit 1 bis 5,
- als Nominalmerkmal ohne Ordnungsbeziehung klassifiziert, z.B. Merkmal vorhanden oder nicht vorhanden, oder durch
- Farbabstufungen, z.B. grün für Merkmal vorhanden, rot für Merkmal nicht vorhanden.

Von OSWALD [98] werden als Entscheidungshilfen zur Beurteilung der Bedeutung und Hinnehmbarkeit von optischen und damit subjektiv geprägten Mängeln Matrizen angeboten und in [99] weiter entwickelt.

Objektives (maßliches) **Prüfen** erfolgt mittels Messen oder Lehren. Das direkte Messen einer physikalischen Größe ist der Vergleich mit einem definierten Maßstab (Messgröße und Messstandard). Als einfaches Beispiel ist die Messung der Estrich-Schichtdicke mit einem Gliedermaßstab in cm-Teilung zu nennen.

Unter Lehren ist das Prüfen mit einer Lehre zu verstehen. Eine Lehre ist ein festes oder auf bestimmte Werte einstellbares Messmittel zum Prüfen der Maße und Formen von Werkstücken.

Es gibt drei Möglichkeiten objektive Prüfdaten zu erfassen:

- manuell:

Hier gibt der Prüfer das Prüfergebnis (u.a. auch einer optischen Prüfung) über eine Tastatur, einen Taster oder ähnliche Hilfsmittel in das Erfassungssystem ein bzw. überträgt es in entsprechende Erfassungsformulare. Sowohl Ableser- als auch Übertragungs- und Eingabefehler können die Ergebnisse negativ beeinflussen.

- halbautomatisch:

Das Prüfergebnis wird vom Prüfmittel an ein entsprechendes Erfassungssystem übertragen, muss jedoch vor der Übernahme vom Prüfer (Ausführenden) selektiert und/oder bestätigt werden.

- vollautomatisch:

Die Ergebnisse werden automatisch, d.h. ohne Mitwirkung des Prüfers (Ausführenden), an das Erfassungssystem übertragen.

Inwieweit ein Nachweis als objektiv im Falle von Streitigkeiten gewertet wird, ist vom Einzelfall abhängig.

Für die höhere Objektivität der Prüfungen bieten sich folgende Möglichkeiten:

1. Transparenz des Prüfgeschehens für alle am Bau Beteiligten,
2. Anwendung vollautomatischer, ggf. auch halbautomatischer Erfassungsarten mit Messprotokoll,
3. Durchführung der Prüfungen nach dem „Vier-Augen-Prinzip“/gemeinsame Ermittlung der Prüfdaten,
4. Automatische Vergleiche der Prüfergebnisse durch Gegenprüfungen⁴⁸,
5. Dokumentation und Archivierung aller Prüfergebnisse (Beweissicherung),
6. Akzeptanz der Prüfergebnisse durch alle am Bau Beteiligten,
7. Kombinationen der vorgenannten Methoden.

In der folgenden Abbildung wird der Zusammenhang zwischen Subjektivität, Objektivität und Prüfverfahren verdeutlicht.

⁴⁸ Gegenprüfung ist der Vergleich von Prüfergebnissen nach dem „Vier-Augen-Prinzip“.

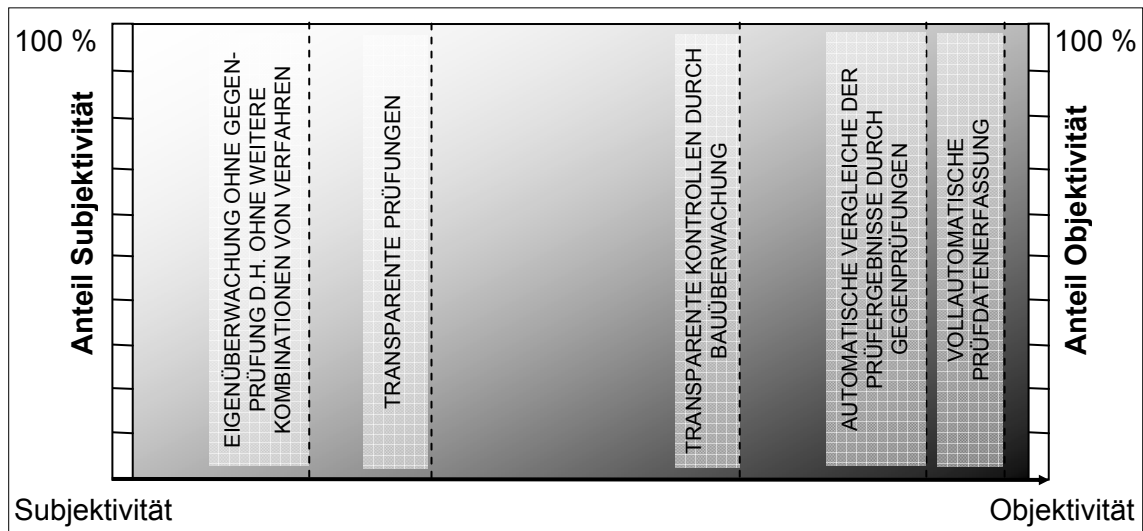


Abb. 34: Subjektivität und Objektivität der Prüfverfahren

Abb. 35 stellt den Zusammenhang zwischen Subjektivität, Objektivität und prüfender Person dar.

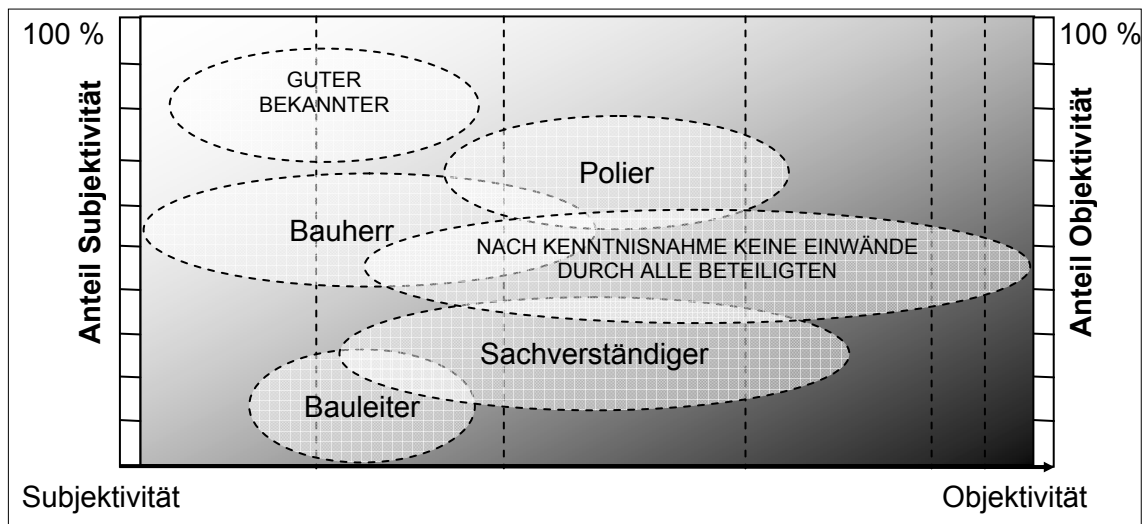


Abb. 35: Subjektivität und Objektivität der Prüfenden

Beispielhafte zerstörungsfreie und zerstörungsarme Prüfungen, untergliedert nach Möglichkeiten der Prüfdatenerfassung, enthält der Anhang B.

4.3.4 Dokumentation der Prüfergebnisse

Die Dokumentation von Prüfdaten ist Ausgangspunkt der Überlegungen des Verfassers zur Verbesserung von QS-Systemen.

Im Abschnitt 4.2.3 wurde erwähnt, dass die Handbuch-Dokumentation aller qualitätsrelevanten Prozesse ein wesentlicher Teil der Produktionskontrollen bei der Betonherstellung ist.

Ein System der Qualitätssicherung in der Bauausführung muss die Ergebnisse der Prüfungen in ähnlicher Weise dokumentieren, um die gleichen Ziele zu erreichen.

EDV-Programme speichern und verwalten die Ergebnisse der zerstörungsfreien und zerstörungsarmen Prüfungen in einer bauspezifischen Datenbank. Jedes wichtige Dokument oder Bild kann direkt aus dem Programm mit einer "akkreditierten Zeitstempelsignatur" nach dem SigG (Signaturgesetz) [64] versehen werden und erfüllt somit die Anforderungen von § 126a BGB [28] (elektronische Form) und § 292a ZPO [136] (Anscheinsbeweis bei qualifizierter elektronischer Signatur).

Damit können durch die Prüfdokumente prozessuale Beweisanforderungen gesichert werden. Das risikobringende Streitpotenzial in der außergerichtlichen wie in der gerichtlichen Praxis wird vermieden.

Um den höchsten, vom Gesetzgeber vorgegebenen Sicherheitsstandard zu erfüllen, ist dem Programm der Zugang zu "akkreditierten Zeitstempelsignaturen"⁴⁹ zu ermöglichen.

4.4 Prinzipien zur Qualitätssicherung in Bauprozessen

4.4.1 Verwendbare Prinzipien aus der Qualitätssicherung von Bauprodukten

Anhand der geeigneten Prinzipien zur Qualitätssicherung von Bauprodukten (vgl. Abschnitt 4.2) sind folgende prinzipiellen Ansätze bei der Qualitätssicherung in Bauprozessen zu berücksichtigen:

- Prüfverfahren sind zu definieren und richten sich nach der Fehlerempfindlichkeit des Produktionsverfahrens.
- Zulassungsstellen einigen sich über das Prüfverfahren.
- Die Übertragung der Verantwortung für die Qualität erfolgt weitgehend auf den Hersteller.
- Es findet die Einbeziehung des gesamten Personals statt.
- Kenntnisstand, Schulung und Erfahrung des Personals müssen dem Produkt angemessen sein.
- Eigenüberwachung erfolgt mit einer Fremdüberwachung.
- Regelmäßige Überprüfung der Produktionskontrolle und des Bauproduktes durch eine neutrale Stelle, um Qualitätsdefizite festzustellen.
- Qualitätssicherung von Bauprodukten beschränkt sich auf die Erfüllung technischer Anforderungen.
- Kontrollen sind insbesondere an den Details vorzunehmen, die Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit des Produktes haben.

⁴⁹ Akkreditierte Zeitstempelsignaturen dürfen nur von Institutionen ausgestellt werden, die Ihre technische und administrative Sicherheit nach dem Signaturgesetz nachgewiesen haben und diesen Sicherheitsstandard ständig konform halten. Die dafür zuständige Behörde ist in Deutschland die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP). Sie bestätigt dem "akkreditierten Zertifizierungsdiensteanbieter" (Trust-Center) die Erfüllung der zuvor beschriebenen Sicherheitsstandarts in einer entsprechenden Urkunde.

- Dokumentation aller qualitätsrelevanten Teilprozesse, um:
 - Anforderungen an die Produktionskontrolle erkennen zu können
 - die Verfahren einzuhalten und
 - Ergebnisse regelmäßig überprüfen zu können.
- Die Erstprüfung eines Produktes kann durch Langzeiterfahrung ersetzt werden.
- Für die Abnahme des Produktes sind normierte Prüfungen durchzuführen.

4.4.2 Beispiel für Qualitätssicherung im Wohnungsbau

Als Reaktion auf fehlende Diagnose-Werkzeuge zur Feststellung der abweichenden Qualität entwickelte sich im Wohnungsbau die baubegleitende Qualitätssicherung durch Fremdüberwachung (vgl. auch WEEBER [128]). Es soll sichergestellt werden, dass in der Planungs- und Ausführungsphase des Bauwerks Konformität zu den aRdT besteht. [27].

Die Prüfergebnisse werden in Checklisten und Berichten dokumentiert und dem Auftraggeber, bei Bedarf mit zusätzlichem Informationsmaterial wie Fotos oder anderen Dokumentationen, übergeben. Die Qualität stützt sich auf zwei Säulen (Abb. 36).

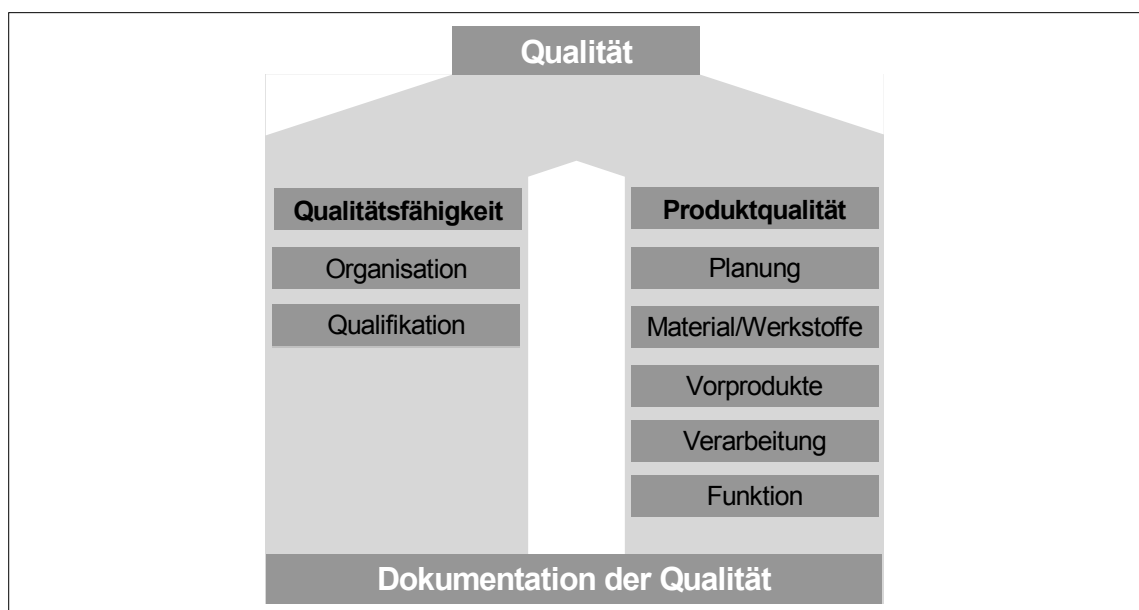


Abb. 36: Die zwei Säulen der Qualität (BÜCKER [27])

Die erste Säule ist die Qualitätsfähigkeit.

Als Teil der ersten Säule gibt es ein alle drei Jahre zu wiederholendes Firmenaudit. Hier wird in den Unternehmen geprüft, ob deren Organisation zum Errichten von Bauwerken geeignet ist. Es werden von den Auditoren Arbeitsabläufe aufgenommen, analysiert und in Zusammenarbeit mit den Firmen so verändert, dass eine höchstmögliche Qualitätsfähigkeit erzielt werden kann. Weiterhin wird überprüft, ob die Qualifikation der eingesetzten Mitarbeiter, besonders des technischen Personals, geeignet ist, Qualität am Bau zu liefern. Bei erfolgreicher Prüfung erhalten die Firmen ein Zertifikat.

Die zweite Säule ist die Produktqualität, nach BÜCKER [27] in verschiedenen Bau-
stufen:

Begonnen wird mit der *Phase I* „Prüfung der Planung des Bauwerks“.

Durch einen Sachverständigen erfolgt auf der Grundlage von Checklisten die Prüfung der ausgehändigten Planungsunterlagen. Die Checklisten sind an verschiedene Arten von Bauvorhaben angepasst. Ergebnis ist ein Prüfbericht an den Auftraggeber (Unternehmen), in dem Fehler und Restleistungen aufgeführt werden. Bei gravierenden Planungsfehlern oder fehlenden Unterlagen sind diese durch das Unternehmen fristgemäß nachzureichen. Bei geringfügigen Fehlern ist die Überarbeitung der Planungsunterlagen schriftlich zu bestätigen.

Am Ort der Bauausführung werden die *Phase II* „vor dem Verfüllen der Baugrube“, die *Phase III* „fertig für Innenputz“, die *Phase IV* „fertig für Fliesen und Anstrich“ und die *Phase V* „vor Endabnahme“ geprüft (vgl. BÜCKER [27]).

Nach Ermittlungen der TÜV NORD Bauqualität GMBH [122] ist der Sachverständige damit in der Regel fünfmal vor Ort. Bei Vollständigkeit und Richtigkeit der erbrachten Leistungen wird objektbezogen ein Abschlussbericht, Prüfbericht oder Qualitätszertifikat ausgestellt.

CZIESIELSKI weist darauf hin [30], dass diese Methode der Überwachung der Baukonstruktion keine Abnahme im Sinne der VOB darstellt. Sie beinhaltet nach seinen Angaben folgende Leistungen:

- Überprüfung der Leistungsbeschreibung mit der Planung bzw. den Vorgaben, die in Sondergutachten gemacht worden sind,
- Anfertigen einer Mängelliste (ggf. mit Hinweis darauf, welche Planungsleistungen noch zu erbringen sind),
- Überprüfung, ob die Planung entsprechend der Mängelliste überarbeitet worden ist,
- stichprobenweise Überwachung der Ausführung (ggf. unter Verwendung einer Checkliste) einschließlich Dokumentation der ausgeführten Arbeiten,
- Anfertigen einer Mängelliste,
- stichprobenweise Überprüfung der abgestellten Mängel,
- Endprotokoll.

Da es kein einheitliches europäisches Konzept der Qualitätssicherung im Bauwesen gibt, sind erhebliche Abweichungen im Umfang und in der Intensität der Qualitätssicherung, abhängig vom Qualitätssicherer und von der Vertragsgestaltung, erkennbar.

Bei Routinefällen kann die Verwendung von Checklisten eine Hilfe darstellen, damit auf der einen Seite keine „technische Regel“ vergessen wird und auf der anderen Seite Zeit verbleibt, um sich der Überwachung wesentlicher und besonderer Leistungen widmen zu können (CZIESIELSKI [30]).

Eine detailliertere Aufschlüsselung der Kosten der baubegleitenden Qualitätsüberwachung wird durch CZIESIELSKI [30] in Anlehnung an die „Honorarordnung für

Architekten und Ingenieure“ (HOAI) und die „Verordnung über die Kosten der Prüfingenieure für Baustatik“ (KOPI) angegeben.

Problematisch ist bei dieser Form der Qualitätssicherung durch Fremdüberwachung die Frage der Haftung bei Baumängeln.

Hierzu sei anzumerken, dass gemäß einer Entscheidung des Oberlandesgerichtes Dresden (Urteil vom 26.10.2000 – 7 U 1524/QO HOAI § 15; BGB §§ 631, 632, 635) ein Sachverständiger, der als „Controller“ tätig ist, sich hinsichtlich des geschuldeten Erfolgs an der Leistung eines bauleitenden Architekten messen lassen muss. Das im Vertrag vereinbarte Leistungsspektrum unterlag nach Auffassung des Gerichtes dem Werkvertragsrecht. Der Auftragnehmer schulde somit nicht lediglich ein bloßes Tätigwerden, ohne Rücksicht auf das Ergebnis, sondern – vergleichbar einem die Bauaufsicht wahrnehmenden Architekten – einen Erfolg, eine Leistung, die geeignet ist, ein technisch einwandfreies Werk entstehen zu lassen. (vgl. auch [130])

4.4.3 Beispiel für Qualitätssicherung im Ingenieurbau

Ein alternatives Konzept wird in diesem Abschnitt vorgestellt.

Über ein weit entwickeltes System der Baubegleitenden Güteüberwachung berichten FRICKE [62] und HARTLEP [69] bei einem Großprojekt der Deutschen Bahn AG, der ICE Neubaustrecke Köln–Rhein/Main, Los A.

Generalunternehmer ist die „Arge Mittelstand“, ein Zusammenschluss mehrerer Arbeitsgemeinschaften (ARGE⁵⁰). Dieser entschied sich zur Unternehmensgliederung in Fachgewerke (FG). Die wiederum sind als eigenständige Organisationen anzusehen.

Die „Arge Mittelstand“ übernahm die Aufgaben der Projektleitung und war direkter Ansprechpartner für den Bauherrn, die DBBauProjekt GmbH. Ein vereinfachtes Organigramm (Abb. 37) zeigt die Struktur der Arge und verdeutlicht die Organisationsebene der Arge Feste Fahrbahn (Arge FF).

⁵⁰ Die ARGE (Arbeitsgemeinschaft/Unternehmenszusammenschluss) ist horizontal gegliedert. Alle Mitglieder sind gleichberechtigt. Mit dessen Hilfe wird eine zeitlich befristete und i.d.R. inhaltlich abgegrenzte Aufgabe (Projekt) gemeinsam erfüllt.

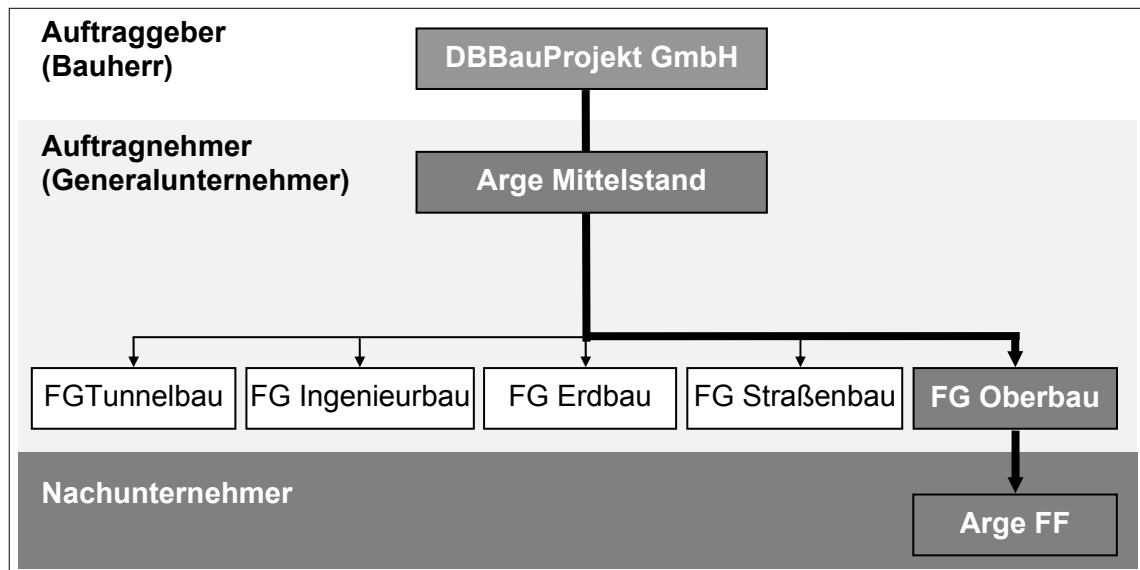


Abb. 37: Projektstruktur der NBS Köln–Rhein/Main, Los A (FRICKE [62])

Von den beteiligten Firmen verfügten nur einige über ein firmeneigenes QM-System. Nach Auftragserteilung wurde festgelegt, welches QM-System der beteiligten Unternehmen als gemeinsame Basis dienen sollte.

Vereinbart wurde ein System auf der Grundlage der zu diesem Zeitpunkt gültigen DIN ISO 9000 ff. Es war während der Baumaßnahme zu aktualisieren und dem Baugeschehen anzupassen. Das System beinhaltete den QM-Plan der „Arge Mittelstand“ und die QM-Pläne der einzelnen Fachgewerksargen. Diese basierten auf dem QM-Plan der „Arge Mittelstand“, ergänzten und spezifizierten ihn hinsichtlich der einzelnen Arbeitsprozesse.

HARTLEP [69] gliedert die Überwachungsarten auf den Großbaustellen der ICE Neubaustrecke Köln–Rhein/Main Los A in interne und externe Überwachung.

Interne Überwachungen sind hierbei Überwachungen, welche der Generalunternehmer bzw. sein Nachunternehmer durchführt, um die Qualität seines Produktes zu sichern und diese dem Bauherren nachzuweisen. Es gibt sie als Selbst-, Eigen- und Fremdüberwachung. (vgl. Abb. 38)

Selbstüberwachung sind Prüfungen, welche die bauausführende Person bzw. deren Vorgesetzter im Herstellungsprozess durchführen.

Eigenüberwachung wird durch eine vom Auftragnehmer (AN) beauftragte Firma im Herstellungsprozess durchgeführt.

Fremdüberwachung des Herstellungsprozesses erfolgt durch den Generalunternehmer (GU) oder eine von ihm beauftragte Firma.

Im Prüfplan, welcher fester Bestandteil des QM-Planes der Arge ist, sind durchzuführende Prüfungen und die Zuständigkeiten für die *Selbst- und Eigenüberwachung* festgelegt. Die Poliere sind für baubegleitende Prüfungen, im Rahmen der Selbstüberwachung, und für deren Dokumentation verantwortlich. Aufgabe der Eigenüberwachung dagegen ist es, Versuche am Einbaumaterial und Materialprüfungen an den eingebauten Schichten durchzuführen.

Die *Fremdüberwachung* stellt zusätzlich zu den im Prüfplan für den Nachunternehmer vorgeschriebenen Überwachungen eine Dokumentation und Sicherheit für den Generalunternehmer dar. Die mit der Fremdüberwachung beauftragte Firma hat nur Informationspflicht bei Vorhandensein von Mängeln gegenüber dem Generalunternehmer. Im weiteren Herstellungsprozess besteht die Möglichkeit Mängel abzustellen und Nachbesserungskosten zu vermeiden.

Externe Überwachungen als Bauherrnüberwachungen im Prozess der Herstellung erfolgen durch einen Bauherrnvertreter, eine von ihm beauftragte Firma.

An der ICE Neubaustrecke Köln–Rhein/Main Los A wurde vom Bauherrn als Bauüberwachung die Arge BÜLA (Arge Bauüberwachung Los A) vertraglich gebunden. Diese ist beauftragt, alle vereinbarten Kontrollprüfungen bzw. die Prüfungsaufsicht im Herstellungsprozess, an der Teilleistung und am Endprodukt nach folgenden Unterlagen durchzuführen.

- nach Anforderungskatalog „Feste Fahrbahn“,
- ZTVT-StB 95 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau, damalige Ausgabe 1995),
- ZTV Beton-StB 93 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingung und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton, damalige Ausgabe 1993) und
- DIN 1045 (Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung, damalige Ausgabe 1988)

Die Zusammenhänge der Überwachungsarten werden in Abb. 38 verdeutlicht.

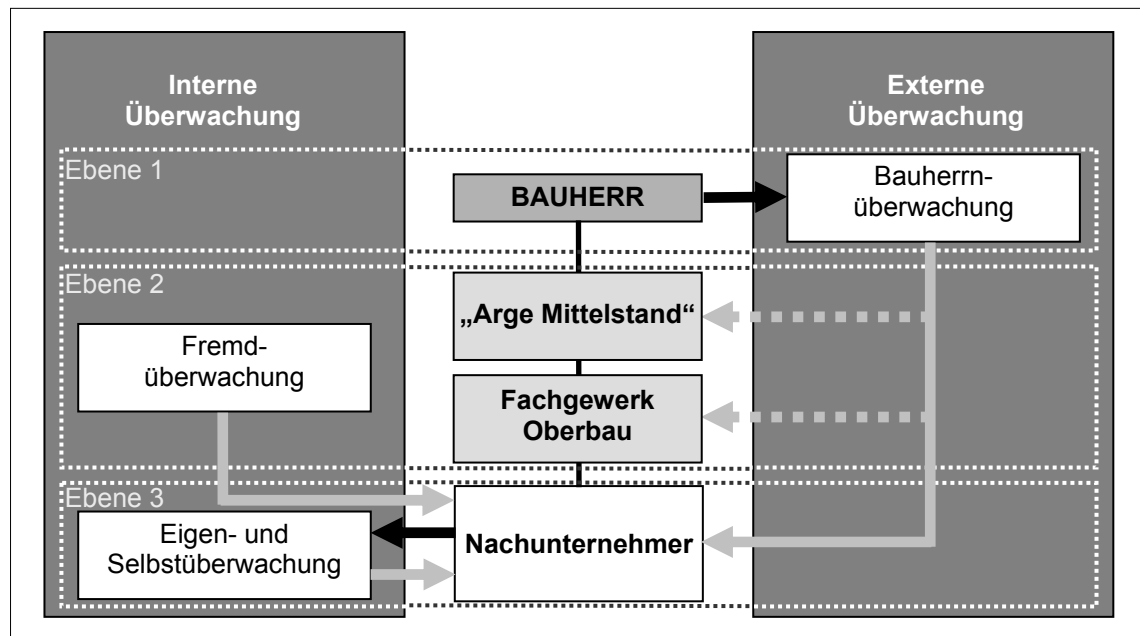


Abb. 38: Zusammenhänge der Überwachungsarten an der NBS Köln-Rhein/Main (HARTLEP [69])

Von den Vertragsparteien wurden Informations- bzw. Haltepunkte festgelegt.

Informationspunkte sind Meilensteine⁵¹ im Herstellungsprozess, an denen die Aufnahme und Dokumentation von Güteeigenschaften einer bestimmten Teilleistung erfolgen.

Haltepunkte sind Meilensteine, an denen die Zwischenabnahme einer Teilleistung durchgeführt wird. Ohne diese Zwischenabnahme und Freigabe der Teilleistung, durch die zuständigen Organe, durfte kein weiterer Einbau erfolgen. Es wurde vermieden, dass an entscheidenden Punkten des Herstellungsprozesses, z.B. Fertigstellung der Betontragschicht vor Beginn der Oberbaukonstruktion, Fehler der Vorgängerprozesse durch Leistungen der Nachfolgeprozesse verdeckt wurden.

Hierdurch bestand entsprechend Abb. 39 für die jeweils beteiligten Vertragsparteien die Möglichkeit, ausführungsnah die Qualität eines Produktes zu beeinflussen.

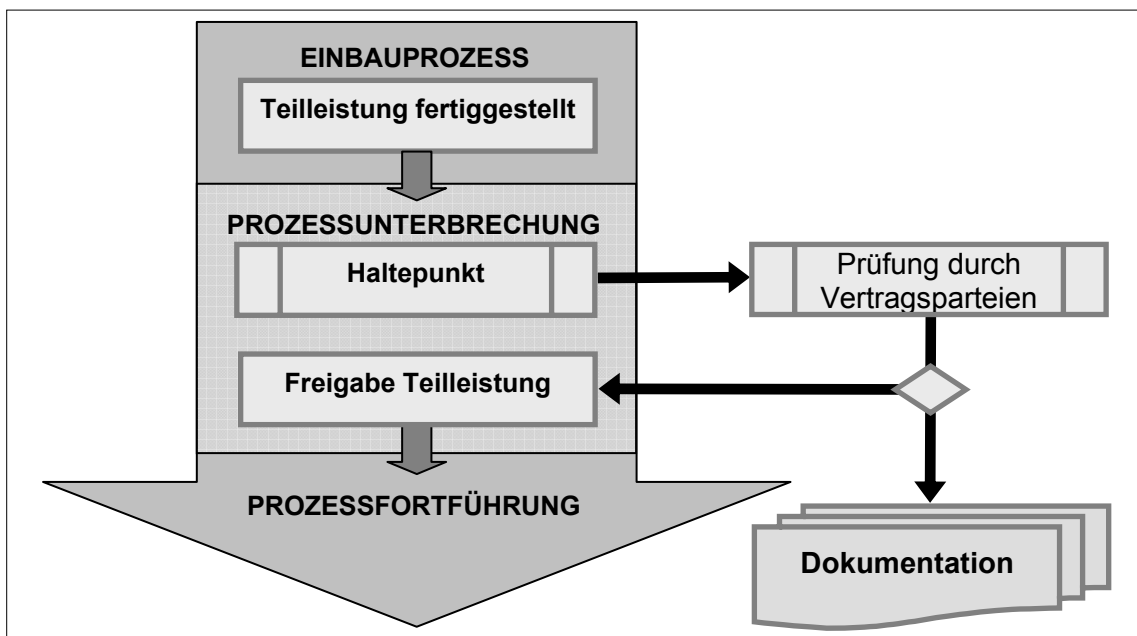


Abb. 39: Haltepunkte zur Qualitätsanalyse (HARTLEP [69])

Beim Qualitätssicherungskonzept der Deutschen Bundesbahn erfolgt eine Vernetzung mehrerer unabhängiger Prüfungen.

Informations- und Haltepunkte in der Bauausführung bieten allen am Bau Beteiligten die Möglichkeit, Baumängel und Bauschäden aufzuzeigen und Beseitigungsstrategien zu diskutieren. Die Erfassung der Qualitätsabweichungen erfolgt somit für alle am Bau Beteiligten transparent und schafft hierdurch auch Vertrauen. (vgl. HARTLEP [69])

⁵¹ Ein Meilenstein ist in der Netzplantechnik [56] ein Ereignis besonderer Bedeutung. Er wird auch durch BRÜSSEL [26] als Schlüsselereignis oder Schlüsselvorgang bezeichnet.

4.4.4 Gegenüberstellung

Tab. 7: Gegenüberstellung QS-Prinzip im Wohnungsbau und im Ingenieurbau

QS-Prinzip im Wohnungsbau	QS-Prinzip bei der Deutschen Bahn AG
Eigen- und Fremdüberwachung nach dem „Vier-Augen-Prinzip“ erhöhen die Möglichkeit der Fehlerentdeckung. Der Auftraggeber hat mehr Vertrauen in die Qualität.	
Die Prüfungen verursachen materielle und organisatorische Aufwendungen.	
Nur der Vertragspartner des Fremdüberwachers erhält Prüfberichte. Eine Rückkopplung zu anderen am Bau Beteiligten und eine Konfrontation der Fehlerverursacher mit ihren Fehlern erfolgt meist nur über Umwege.	Alle am Bau Beteiligten werden in das System der Qualitätssicherung involviert. Gemeinsam protokollierte Informations- und Haltepunkte dienen der qualitativen Beurteilung und Dokumentation einer Teilleistung vor einer Weiterführung des Prozesses.
Die Mängelprotokolle werden ggf. vom Architekten/Bauherrn, dem Bauleiter sowie dem Sachverständigen unterzeichnet. Es obliegt dem Bauleiter, die beanstandeten Positionen in Ordnung bringen zu lassen.	Ohne Zwischenabnahme und Freigabe der Teilleistung durch die zuständigen Organe erfolgt keine Fortführung des Bauprozesses.
Die Unterscheidung von Restleistung und Baumangel führt bei Fremdüberwachung zu Unklarheiten. So sind beim jeweiligen Prüftermin bis ins Detail prozessbedingte Restleistungen zu erfassen oder nicht feststellbare Leistungen auszuklammern. Dieser definierte Bautenstand wird der Leistungsbeurteilung zugrunde gelegt.	
Bei konsequenter Durchführung seiner Überwachungsaufgabe besteht für den „unabhängigen“ Fremdüberwacher die Gefahr, dass ihm sein „Kunde“ zu weniger konsequenten Wettbewerbern entgleitet. Die Unabhängigkeit des Fremdüberwachers ist eingeschränkt. Folge ist, dass dieser nur in den schlimmsten Fällen Auflagen erteilen oder Qualitätszertifikate verweigern wird.	Die Vernetzung unterschiedlicher Überwachungsmethoden nach dem „Vier-Augen Prinzip“ aufbauend auf einen hohen Anteil an Eigenüberwachung, führen zu einer Überlagerung unterschiedlicher Prüfebene. Das Abgleichen der Prüfergebnisse unterschiedlicher Prüfer zum Zeitpunkt der Informations- und Haltepunkte führt zu einer hohen Transparenz.
Exakte Haftungsmodalitäten und präzise Aufgaben auf der Grundlage eines Werkvertrages beziehen sich nur auf die jeweiligen Ortsbesichtigungstermine. Eine konsequente Qualitätssicherung als Voraussetzung für ein mangelfreies Werk ist nicht sichergestellt.	Die Prüfungen erfolgen je nach Interessenlage, ohne Abstimmung zwischen allen am Bau Beteiligten und lassen Rückschlüsse zwischen den einzelnen Prüfergebnissen zu.
Prüftermine werden zwischen Fremdüberwacher und Vertrags-„partner“ bzw. dem Überwachten abgestimmt. Baumängel und –schäden können rechtzeitig vor einem Prüftermin verdeckt werden.	
Der einzelne Fremdüberwacher steht im Mittelpunkt der Qualitätssicherung. Bei ausreichender Unabhängigkeit und Fachkenntnis sind eindeutige Entscheidungen vorteilhaft.	Mehrere unterschiedliche Qualitätsauffassungen der am Bau Beteiligten erfordern eine Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung aller Vereinbarungen.

Die Gegenüberstellung der Verfahren enthält folgende als positiv zu bewertende Aspekte:

- Integration aller am Bau Beteiligten zu den Informations- und Haltepunkten
- Vernetzung unterschiedlicher Überwachungsmethoden
- abgestufte Überwachung (Hierarchiestufen)
- Transparenz im Prüfgeschehen.

4.5 Ansätze für die Qualitätssicherung in der Bauausführung

Zusammenfassend zu Abschnitt 4 gibt es folgende nutzbare Ansätze zur Verbesserung von QS-Systemen in der Bauausführung:

- Qualitätsverantwortung ist weitgehend auf den Hersteller zu übertragen.
- Qualifikation, Kenntnisstand und Schulung des Personals müssen dem Produkt angemessen sein,
- Eigen- und Fremdüberwachung sind Basis einer Qualitätskonzeption.
- Die Durchführung einer regelmäßigen Überprüfung des QS-Systems durch eine unparteiische Stelle ist erforderlich, um Qualitätsdefizite festzustellen.
- QS-Systeme müssen die frühzeitige Fehlervermeidung unterstützen.
- Prüfungen sind insbesondere an den Details durchzuführen, die Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit des Produktes haben, z.B. Dauerhaftigkeit, Sicherheit.
- Prüfverfahren, einschließlich der Messmittel, müssen definiert und normiert sein.
- Definierte Prüfungen sind Voraussetzung für objektive Nachweise zur Erfüllung technischer Anforderungen.
- Gezielte Stichproben, aufbauend auf definierten Prüfverfahren, haben je nach Fehlerempfindlichkeit des Teilprozesses zu erfolgen.
- Die Objektivität der Prüfungen kann durch eine Integration aller am Bau Beteiligten und durch eine Verkettung der Prüfungen gesteigert werden.
- Abgestufte Überwachungen (Hierarchiestufen) lassen einen wirtschaftlich vertretbaren Aufwand zur Qualitätssicherung zu.
- Die Vernetzung unterschiedlicher Überwachungsmethoden stellt eine praktizierte Alternative zum System der Qualitätssicherung durch Fremdüberwachung dar.
- Die Dokumentation objektiver Prüfungen ist Grundlage für eine Qualitätssicherung.
- Die Prinzipien zur Qualitätssicherung beschränken sich auf die Erfüllung technischer Anforderungen.
- Ein hohes Maß an Objektivität der Prüfungen wird durch Transparenz im Prüfgeschehen für alle am Bau Beteiligten erreicht.
- Erstprüfungen am Bauteil/Bauwerk können durch Langzeiterfahrung ersetzt werden.
- Objektivität sollte angenommen werden, wenn die Ergebnisse einer Prüfung durch alle am Bau Beteiligten akzeptiert werden.
- Die FMEA stellt eine geeignete Methode zur Identifikation potenzieller Schwachstellen dar. Durch die FMEA können Maßnahmen festgelegt werden, die zur Vermeidung von Fehlern, Baumängeln und Bauschäden erforderlich sind.

5 EIGENE SYSTEMATISCHE BAUSCHADENSUNTERSUCHUNGEN

5.1 Rahmen der Untersuchungen und Einschränkungen

Vom Verfasser wurden im Rahmen von ihm betreuter Diplomarbeiten [13], [15], [60], [76], [86], [92], [132] Untersuchungen zu Bauschäden⁵² mit folgenden Zielen durchgeführt:

- Bauschadensverteilung nach Bauteilgruppen
- Kostenanteil der Bauschäden an den Baukosten
- Zeitpunkt des Eintritts der Bauschäden
- Ursachen von Baumängeln und Bauschäden
- Gewinnen von Erkenntnissen zum Einfluss der Vertragsstruktur auf den Umfang der Bauschäden
- Auswertung der eigenen Erkenntnisse im Vergleich zu den Ergebnissen aus Kapitel 2.

An der Bauhaus-Universität Weimar (Professur Baubetrieb und Bauverfahren) wurden 1.786 Gutachten analysiert. Im Rahmen der Auswertungen konnten 10.155 Mängel und Schäden erfasst werden.

Die Bauschadenserfassung im Untersuchungszeitraum 1996–2003 wurde auf folgende Bauwerke im Freistaat Thüringen konzentriert:

- Neubauten ab Baujahr 1990,
- Wohn- und Gewerbebau,
- durch öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige erfasste Schäden.

Der Umfang der ausgewerteten „Baumängel und –schäden, in Gutachten erfasst“ kann nur einen Bruchteil der Menge der Baumängel und –schäden umfassen, wie Abb. 40 veranschaulicht.

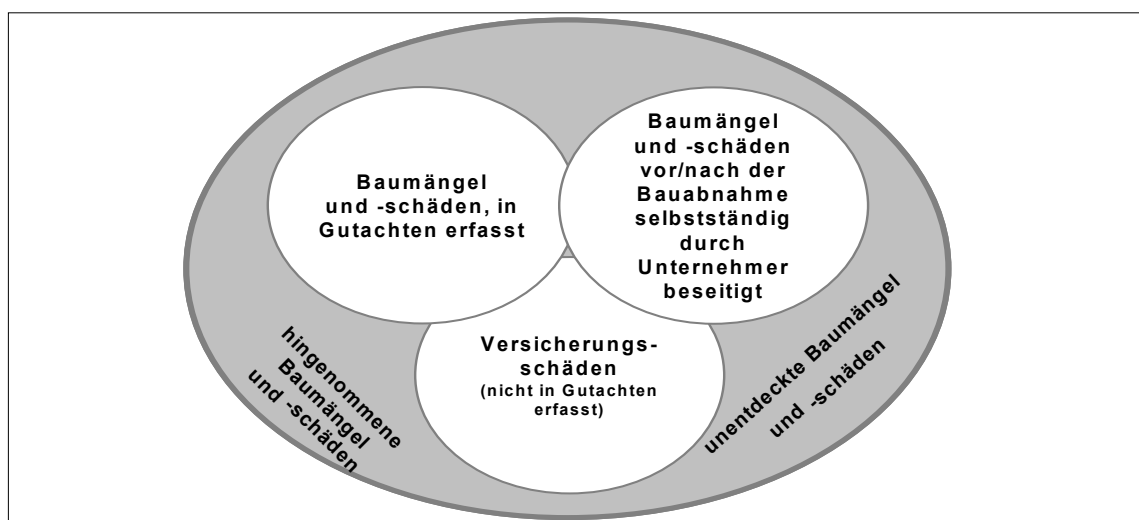


Abb. 40: Die Menge der Baumängel und -schäden

⁵² Die Betrachtungen zur Schadensanfälligkeit beinhalten nicht nur Bauschäden sondern auch die zugrunde liegenden Baumängel.

5.2 Bauschadensverteilung nach Bauteilgruppen

Abb. 41 zeigt die bauteilbezogene Verteilung. Die Klassifizierung der Bauteilgruppen erfolgt nach Abschnitt 2.2.

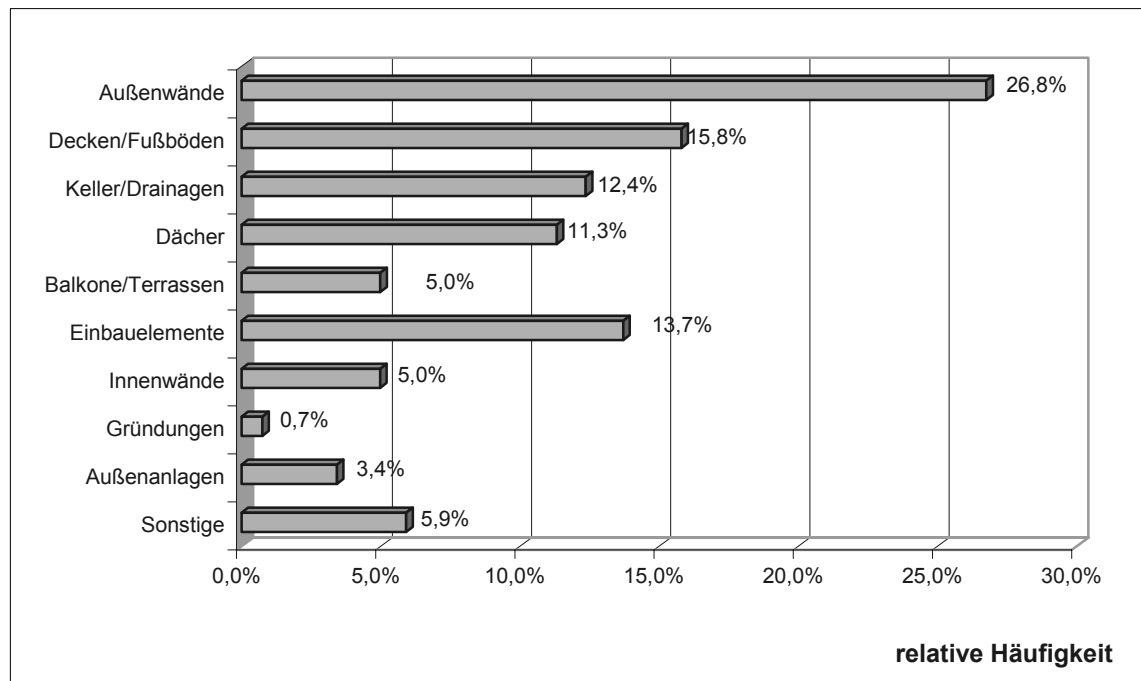


Abb. 41: Verteilung der Baumängel und -schäden auf Bauteilgruppen (Zeitraum 1996-2003)

Erkennbar ist, dass fast 27 Prozent aller Baumängel und -schäden an Außenwänden auftreten.

Abb. 42 verdeutlicht exemplarisch die Unterverteilung der Baumängel und Bauschäden an Außenwänden.

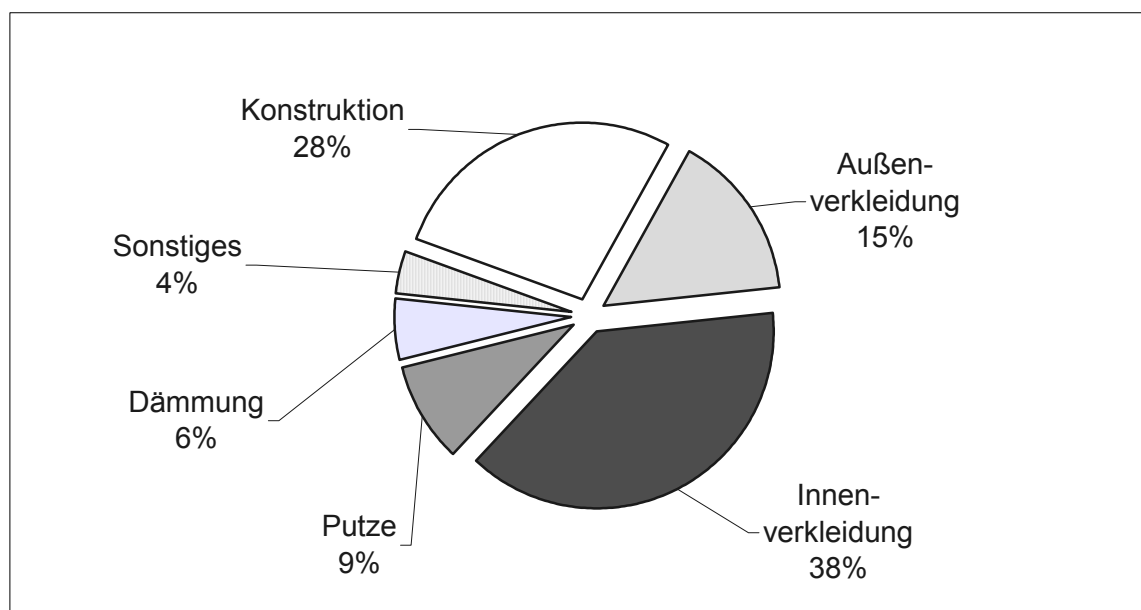


Abb. 42: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an Außenwänden

Folgende Abb. 44 stellt die ermittelte Verteilung an der Bauteilgruppe Keller/Drainagen dar.

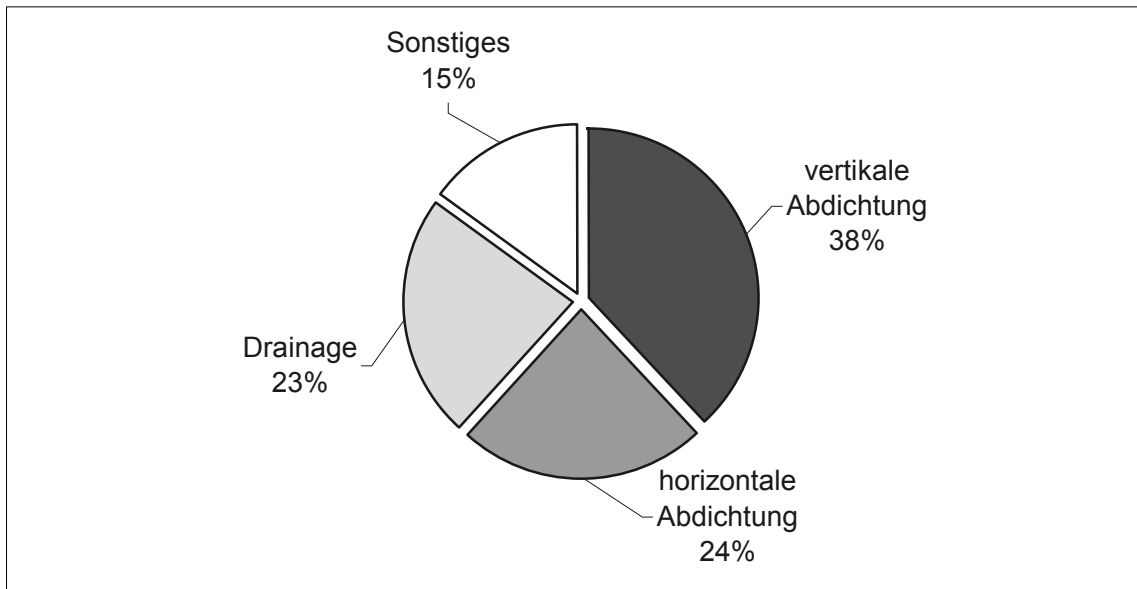


Abb. 43: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an Keller/Drainagen

Auch alle weiteren Bauteilgruppen wurden danach untersucht, welche Baumängel und -schäden am häufigsten auftreten. (vgl. Anhang A)

Bei einer Teilmenge von 166 verwertbaren Gutachten mit 494 Baumangel- und Bauschadensfällen (339 Fälle beim Neubau und 155 Fälle bei der Sanierung/ Instandsetzung) konnten in einer Zuarbeit zu dieser Forschungsarbeit im Jahr 2003 [86] folgende typischen Baumangel-/Bauschadensbilder am Bauteil Keller/Drainagen (ohne Sonstiges) ermittelt werden, Abb. 44:

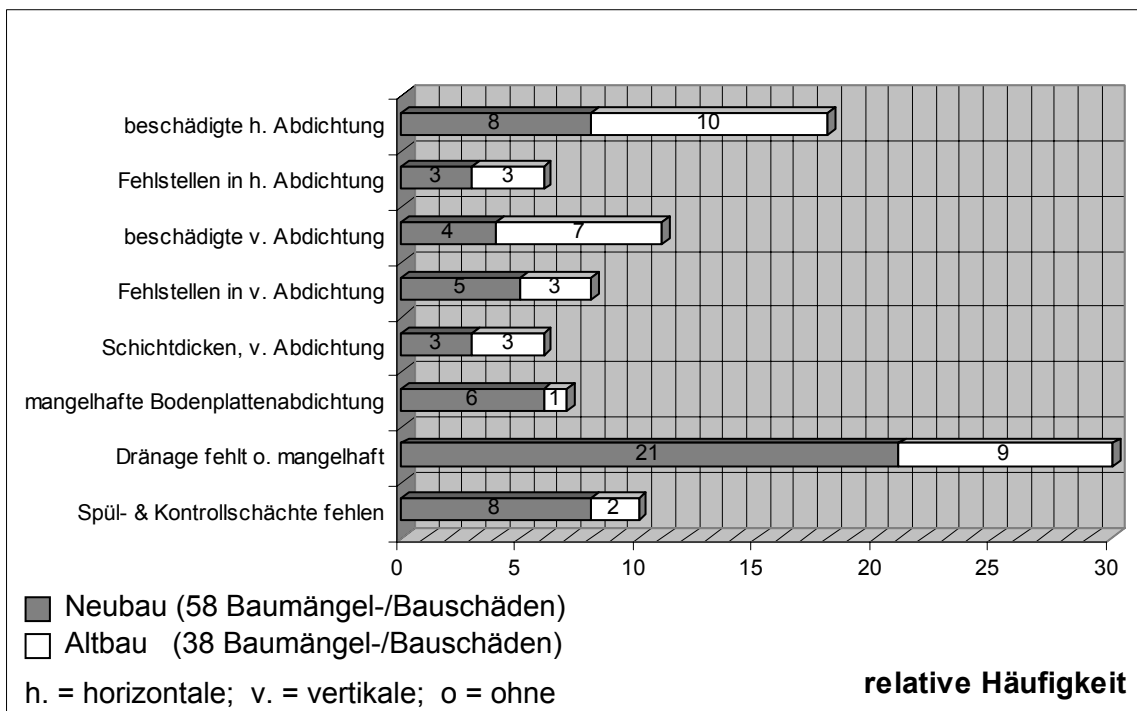


Abb. 44: Typische Baumangel- und Bauschadensbilder am Bauteil Keller/Drainagen (KRIEBUS [86])

5.3 Anteil der Kosten zur Bauschadensbeseitigung an den Gesamtbaukosten

Die Baukosten der untersuchten Objekte wurden mit rd. 871 Millionen Euro abgeschätzt. Die Ermittlung der Baukosten erfolgte auf der Grundlage folgender Quellen:

- Angaben in den Gutachten
- Befragung der jeweiligen Gutachter
- Ermittlung der Normalherstellungskosten über Vergleichswerte unter Beachtung folgender Angaben: Region, Gebäudetyp, Bruttorauminhalt (wenn möglich nach DIN 277, Ausgabe 1987) oder Wohn- bzw. Nutzflächen, geeignete Baupreis-Dateien sowie einschlägige Baupreisliteratur.

Die Angaben der Gutachter bezogen sich meist auch auf Vergleichswerte nach c.). Die Vergleichswerte enthalten Kosten wie:

- die Mehrwertsteuer in Höhe von 16 %
- Baunebenkosten, abhängig vom Gebäudetyp und den Baukosten, wurden mit 10 - 25 % der Baukosten angenommen (bei Modernisierung 25 %).

Die Genauigkeit der Ermittlung der Baukosten unterliegt einer gewissen Unsicherheit. Der Korridor kann nur mit ± 30 % angegrenzt werden. Unter Beachtung dieser Angaben betragen die Kosten für eine Bauschadensbeseitigung an den in den Gutachten erfassten Objekten etwa 36 Millionen Euro, d.h. zirka 4,1 Prozent.

5.4 Zeitpunkt des Eintritts der Bauschäden

Abb. 45, erstellt auf der Grundlage der ausgewerteten Gutachten, macht sichtbar, dass fast 97 % aller Schadensfälle während der ersten 5 Jahre der Standzeit auftreten. 94 % aller Schadensfälle traten innerhalb einer Zeitspanne von 4 Jahren auf. Mehr als 80 % der Schadensfälle konnten in den ersten beiden Jahren nach Baufertigstellung beobachtet werden.

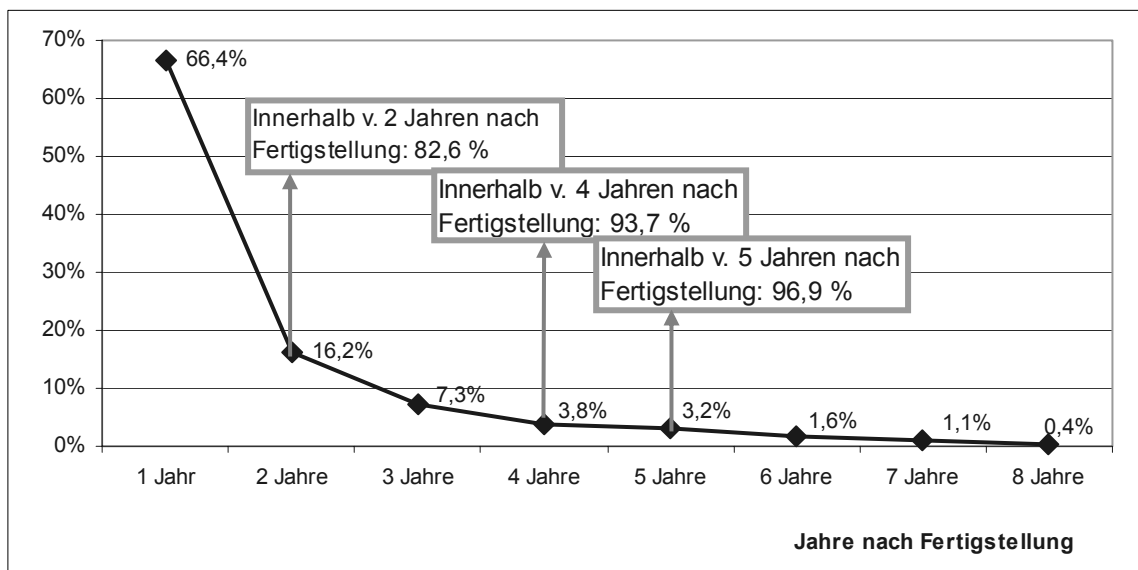


Abb. 45: Häufigkeitsverteilung der Schäden nach Schadenszeitpunkt

5.5 Ursachen von Baumängeln und Bauschäden

BARGSTÄDT/DANNECKER [9] berücksichtigen den Sachverhalt, dass meist mehrere Ursachen zum Schaden geführt haben (Abb. 46). Fälle, in denen der Bauherr aufgrund fehlender oder fehlerhafter Planungsunterlagen Schadensverursacher war, wurden der Gruppe der Planungsmängel zugeordnet. Fälle, in denen der Baubetrieb selbst geplant hat, wurden der Gruppe der Ausführungsmängel zugeordnet.

Als weitere Ursachen wurden Bauüberwachungsmängel, Materialfehler, Nutzungsfehler und der natürliche Verschleiß berücksichtigt.

Diese Zuordnung ist kritisch einzuschätzen, da hierdurch die Ursache der Baumängel und Bauschäden nicht eindeutig dem jeweiligen Ausführungs- oder Planungsprozess zugeordnet wird. (vgl. hierzu auch die Ausführungen von KAPELLMANN [81] und BREYER [23] zur Planung in Abschnitt 3.6.1) Das Unterlassen einer Handlung durch den Bauherrn, wie beispielsweise die rechtzeitige Bereitstellung von Planungsunterlagen, wird vereinfachend als Planungsmangel deklariert. Voraussetzung hierfür ist auch, dass auch das Bauunternehmen nicht geplant hat.

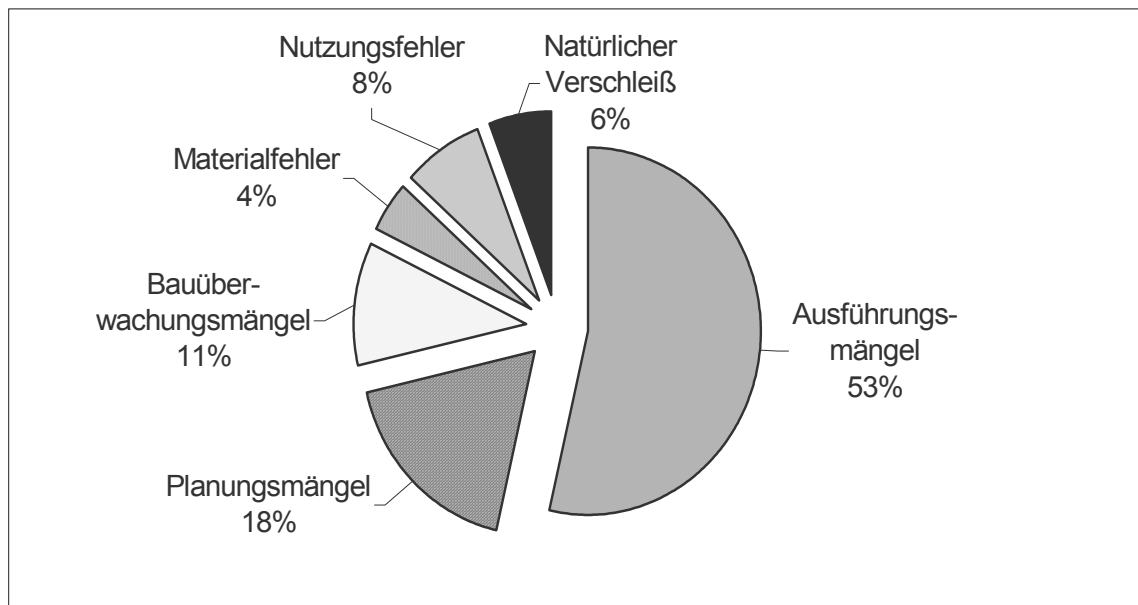


Abb. 46: Verteilung der Schadensverursachung (BARGSTÄDT/DANNECKER [9])

5.6 Korrelation von Mängeln mit besonderen Vertragskonstellationen

Untersuchungen zum Einfluss der Vertragsart auf die Bauschäden wurden durchgeführt. Es erfolgte eine Einteilung in 4 Gruppen.

1. Bauträger: Planung nach Leistungsphasen 1 bis 4 der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure), Generalunternehmer- und Bauträgermodelle mit eingeschlossener Planung, Verträge zwischen:

Bauherr und Generalunternehmer,

Käufer und Bauträger,

Planer und Generalunternehmer bzw. Bauträger,

Subunternehmer und Generalunternehmer bzw. Bauträger.

- 2. Planer:** Planungsvertrag Leistungsphasen 1 bis 8 der HOAI mit Planer und Bauleistungsvertrag mit Baubetrieb.
- 3. Zwei Planer:** Planungsvertrag Leistungsphasen 1 bis 4 der HOAI mit Planer 1; Planungsvertrag Leistungsphasen 5 bis 8 der HOAI mit Planer 2 und Bauleistungsvertrag mit Baubetrieb.
- 4. Eigenplaner:** Planung durch Bauherrn und/oder Baubetrieb und Bauleistungsvertrag mit Baubetrieb.

Danach entfallen fast 46 % der Baumängel und Bauschäden auf „Bauträger“, Abb. 47.

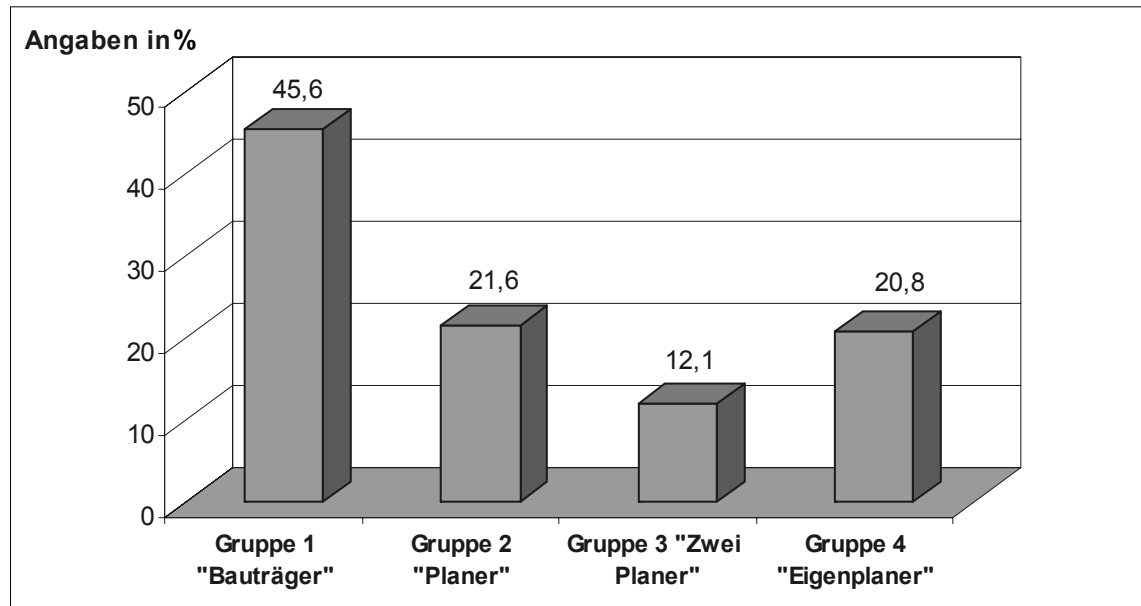


Abb. 47: Anteil der Baumangel- und Bauschadenshäufigkeit nach Vertragsgruppen

KRIEBUS [86] und BESSNER [15] analysierten an einer Teilmenge von 535 Gutachten das jeweilige Bauvolumen. Bei 268 Objekten mit einer geschätzten Bausumme von 153 Millionen Euro erfolgten Zuordnungen entsprechend Abb. 48.

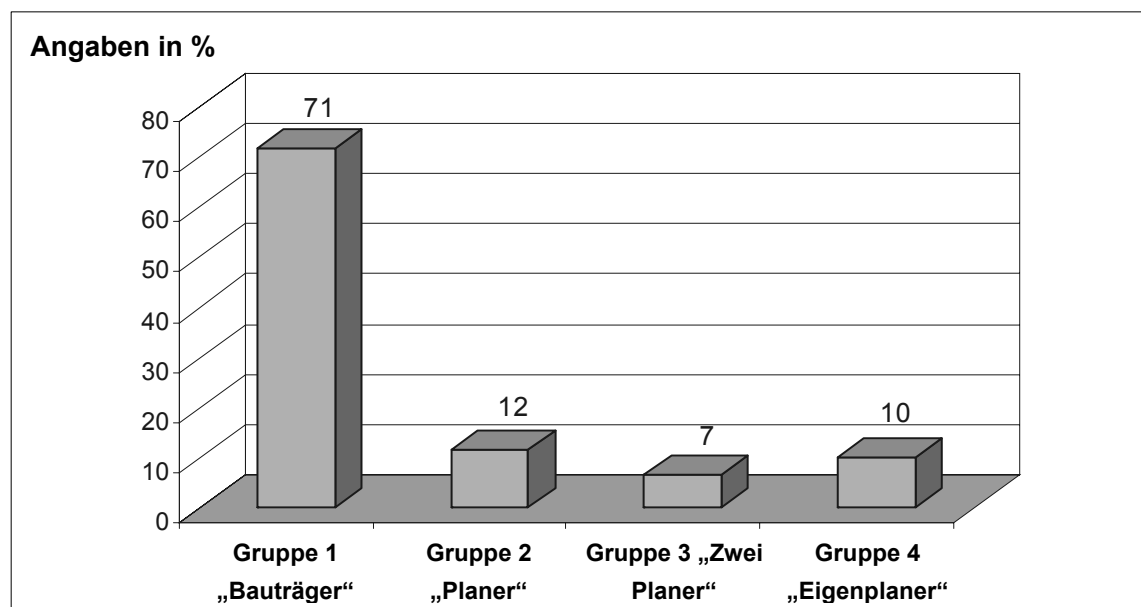


Abb. 48: Anteil der Vertragsgruppen am Bauvolumen

Aus Abb. 47 und Abb. 48 ergibt sich:

Tab. 8: Gegenüberstellung Bauvolumen und Baumangel-/Bauschadenshäufigkeit zur Vertragsgruppe

	Anteil der Gruppe am Bauvolumen	Anteil der Gruppe an der Schadenshäufigkeit	Verhältnis Schadenshäufigkeit/ Bauvolumen
Gruppe 1 „Bauträger“	71 %	45,6 %	0,6
Gruppe 2 „Planer“	12 %	21,6 %	2,0
Gruppe 3 „Zwei Planer“	7 %	12,1 %	1,8
Gruppe 4 „Eigenplaner“	10 %	20,8 %	2,0

Exemplarisch für die Gruppe „Bauträger“ ist erkennbar, dass bei 71 % des Bauvolumens 45,6 % der Baumängel- und Bauschäden auftreten.

Das Verhältnis von Baumangel-/Bauschadenshäufigkeit zum Bauvolumen für die Gruppe „Bauträger“ beträgt 0,6, für die Gruppen „Planer“ und „Eigenplaner“ jeweils 2,0 und für die Gruppe „Zwei Planer“ wurde ein Wert von 1,8 ermittelt.

Daraus lässt sich ableiten, dass das Schadensrisiko bei den Gruppen „Planer“, „Zwei Planer“ und „Eigenplaner“ um etwa ein 3-faches höher liegt als bei der Gruppe der „Bauträger“.

5.7 Ergebnisse der eigenen Untersuchungen

Die eigenen aktuellen und systematischen Bauschadensuntersuchungen lassen im Vergleich mit den Ergebnissen aus Kapitel 2 folgende Unterschiede erkennen:

1. Die Ergebnisse der Untersuchungen im Auftrag des BMBau ([17], [19]) prognostizierten einen Rückgang der Bauschäden. Die Kosten zur Beseitigung von Baumängeln und Bauschäden betragen hiernach 1,8 bis 2,8 % der Baukosten. Auf der Grundlage eigener Untersuchungen werden etwa 4,1 % der Baukosten für eine nachträgliche Mängelbeseitigung aufgewendet.
2. Eigene Untersuchungen ergaben, dass innerhalb von 4 Jahren nach Fertigstellung des Bauwerks 93,7 % und innerhalb von 5 Jahren 96,9 % der Bauschäden eintreten. Diese Prozentangaben liegen über den ähnlichen Untersuchungsergebnissen nach Kapitel 2 und unterlegen die Vorteile einer 5-jährigen Verjährung.

Die eigenen Untersuchungen ergaben zusätzlich:

3. Die Vertragsgruppe mit einer Planung nach den Leistungsphasen 1 bis 4 der HOAI und Generalunternehmer- und Bauträgermodelle mit eingeschlossener Planung weisen eine, im Verhältnis zu anderen Vertragsgruppen, geringe Schadenshäufigkeit auf.
4. Aus Baumängeln und Bauschäden lassen sich typische Baumangel-/Bauschadensbilder ableiten.

Die Auswertungen eigener Bauschadensuntersuchungen im Vergleich mit den Ergebnissen aus Kapitel 2 bestätigen:

5. Die aktuellen Regelungen zur Verjährungsfrist für Mängel an Bauwerken werden durch die eigenen Untersuchungen bekräftigt.
6. Der Anteil der Bauschäden an der Bauteilgruppe Außenwände macht etwa $\frac{1}{4}$ der Gesamtschäden aus.
7. Ausführungsmängel (Anteil nach eigenen Untersuchungen: 53 % / nach Untersuchungen in Kapitel 2: 46 - 59 %) und Planungsmängel (Anteil nach eigene Untersuchungen 18 % / nach Untersuchungen in Kapitel 2: 13 - 46 %), sind Hauptursachen für Bauschäden.
8. Der Anteil der Materialfehler liegt mit 4 % im Bereich der Prozentangaben nach Kapitel 2 (2 bis 8 %).

Die Ergebnisse eigener Untersuchungen und der Untersuchungen in Kapitel 2 zum Umfang der Ausführungsmängel machen die Dringlichkeit des Einsatzes von Werkzeugen zur Qualitätssicherung in der Bauausführung deutlich.

Qualitätssicherung im Bauprozess muss aufbauen auf Kenntnissen über die Schadensanfälligkeit verschiedener Bauteilgruppen und die Ursachen von Baumängeln und Bauschäden.

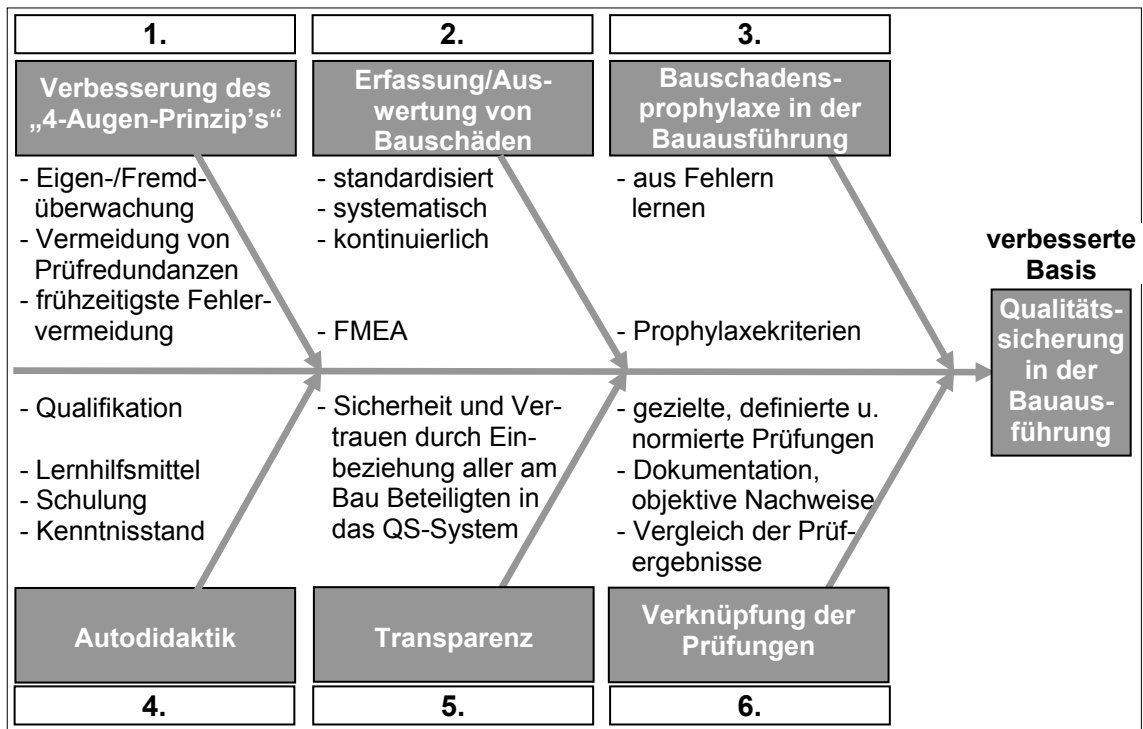
Ein entsprechendes Qualitätssicherungssystem wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

6 DAS SYSTEM DER „HELFENDEN PRÜFUNGEN“

6.1 Verbesserungspotenziale der Qualitätssicherung in der Bauausführung

Aufbauend auf der Analyse der Qualitätssicherungssysteme werden 6 wesentliche Verbesserungspotenziale identifiziert (Abb. 49).

Abb. 49: Verbesserungspotenziale zur Qualitätssicherung in der Bauausführung



1.: Verbesserung des „Vier-Augen-Prinzip's“

Traditionelle staatliche Regulierungssysteme (vgl. Abschnitt 3.5.1) bauen bereits auf dem „Vier-Augen-Prinzip“, bestehend aus Eigenüberwachung mit übergeordneter Fremdüberwachung auf.

Die Ansätze für die Qualitätssicherung in der Bauausführung (vgl. Abschnitt 4.5) geben hierzu folgende Punkte vor:

- Qualitätsverantwortung ist weitgehend auf den Hersteller zu übertragen,
- Durch Eigen- und Fremdüberwachung ist eine frühzeitige Fehlervermeidung möglich.
 Je früher und je näher an der Ursache ein Fehler erkannt wird, desto geringer können seine Auswirkungen gehalten werden. Eine wirtschaftlich vertretbare Fehlerbeseitigung muss erfolgen.

ALGEDRI und FRIELING [2] weisen darauf hin, dass zur Fehlererkennung entwickelte Kompetenz der Mitarbeiter zum kontinuierlichen Rückgang der Zufallsfehler führt. Erreicht wird diese Kompetenz durch Schulung und erforderlich bei einer nachzuweisenden Eigenüberwachung. Der Sorglosigkeit der Ausführenden, als wesentliche Ursache für Ausführungsfehler, wird vorgebeugt.

Weitere Punkte zur Eigen- und Fremdüberwachung sind (vgl. Abschnitt 4.5):

- Die Fremdüberwachung beinhaltet eine regelmäßige Überprüfung des QS-Systems durch eine unparteiische Stelle, um Qualitätsdefizite festzustellen.
- Abgestufte Überwachungen (Hierarchiestufen) lassen einen wirtschaftlich vertretbaren Aufwand zur Qualitätssicherung zu.
- Die Vernetzung unterschiedlicher Überwachungsmethoden stellt eine praktizierte Alternative zum System der Qualitätssicherung durch Fremdüberwachung dar. Prüfredundanzen können vermieden werden.

2.: Erfassung/Auswertung von Bauschäden

Eine Verbesserung der Bauqualität ist aus den letzten Jahren nicht nachweisbar. (vgl. Kapitel 2 und 5). Unterstrichen wird diese Feststellung dadurch, dass die Aussagekraft von Baumängeln und Bauschäden aus der Literatur (vgl. Kapitel 2) erhebliche Unsicherheiten in der Datenbasis aufweist. Voraussetzung für eine Bauschadensprophylaxe muss die standardisierte, systematische und kontinuierliche Erfassung und Auswertung von Bauschäden sein.

Dies wird bestätigt dadurch, dass bisherige Ansätze von Expertensystemen ebenfalls auf Untersuchungen zu Baumängeln- und Bauschäden aufbauen. Nicht gewährleistet wird jedoch durch diese Expertensysteme eine aktive Qualitätssicherung während der Bauausführung, am Ort der Fehlerentstehung. (vgl. Abschnitt 4.1.2)

Die FMEA stellt eine Methode zur Identifikation potenzieller Schwachstellen dar. Durch Anwendung der FMEA können Maßnahmen festgelegt werden, die zur Vermeidung von Fehlern, Baumängeln oder Bauschäden erforderlich sind. (vgl. Abschnitt 4.1.3)

3.: Bauschadensprophylaxe in der Bauausführung

Da der Auftraggeber ein Bauteil/Bauwerk frei von Sachmängeln erwartet, lassen auch der Umfang und die zeitliche Verteilung des Auftretens der Schäden die Chancen einer Bauschadensprophylaxe erkennen. In den Abschnitten 2.4, 2.5, 5.4 und 5.5 waren dazu Aussagen gemacht worden.

Die Anforderungen an ein Bauteil/Bauwerk (Prototyp) sind nicht durchgängig definierbar. Der Schnitt zwischen Planung und Ausführung ist verschmolzen. (vgl. Abschnitt 3.6.2) Benötigt werden Instrumente der Bauschadensprophylaxe.

Im folgenden Abschnitt 6.3.2 wird hierzu der Ansatz der Prophylaxe Kriterien erläutert.

Prophylaxe Kriterien sind Kriterien, die eingehalten und beachtet werden müssen, um Bauschäden zu vermeiden. Sie werden aus Bauschäden abgeleitet und verfolgen das Ziel, aus Fehlern zu lernen.

Prophylaxe Kriterien bauen auf folgenden Ansätzen nach Abschnitt 4.5 auf:

- Die Prinzipien zur Qualitätssicherung beschränken sich auf die Erfüllung technischer Anforderungen.
- Erstprüfungen am Bauwerk können durch Langzeiterfahrungen ersetzt werden.

4. Autodidaktik⁵³

Wesentliche Ursachen für Baumängel und Bauschäden sind Fehler aus menschlichen Handlungen.

Qualifikation, Kenntnisstand und Schulung des Personals müssen der Art des Produktes angemessen sein (vgl. Abschnitt 4.5).

Ein System zur Qualitätssicherung in der Bauausführung muss berücksichtigen:

- die mehrsprachige Anwendung durch minderqualifizierte Subunternehmer,
- den ständig zu aktualisierenden Kenntnisstand aller am Bau Beteiligten,
- das Spektrum unterschiedlicher Produktarten.

5. Transparenz

Die am Bau Beteiligten müssen die Verpflichtung haben, jederzeit Informationen über die Qualität der in den unterschiedlichen Teilprozessen ausgeführten Leistungen zu erhalten und zu liefern. Sie sollen im Rahmen des Vertragssystems Einfluss nehmen können und durch die entstehende Sicherheit Vertrauen aufbauen.

Ein hohes Maß an Objektivität der Prüfungen wird durch Transparenz im Prüfgeschehen für alle am Bau Beteiligten erreicht (vgl. Abschnitt 4.5).

6. Verknüpfung der Prüfungen

Die Verzahnung verschiedener Prüfungen (vgl. Kapitel 4) bietet Möglichkeiten gesteigerter Ergebnisse.

Die Ansätze für die Qualitätssicherung in der Bauausführung (vgl. Abschnitt 4.5) verweisen auf folgende Punkte:

- Prüfungen sind insbesondere an den Details durchzuführen, die Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit des Produktes haben.
- Prüfverfahren, einschließlich der Messmittel, müssen definiert und normiert sein.
- Definierte Prüfungen sind Voraussetzung für objektive Nachweise zur Erfüllung technischer Anforderungen.
- Gezielte Stichproben, aufbauend auf definierten Prüfverfahren, haben je nach Fehlerempfindlichkeit des Teilprozesses zu erfolgen.
- Die Objektivität der Prüfungen kann durch eine Integration aller am Bau Beteiligten und durch eine Verkettung der Prüfungen gesteigert werden.
- Die Dokumentation objektiver Prüfungen ist Grundlage für einen Vergleich.
- Objektivität ist erreicht, wenn die Ergebnisse einer Prüfung durch alle am Bau Beteiligten akzeptiert werden.

⁵³ Autodidaktik bedeutet sich Wissen durch Selbstunterricht anzueignen. (DUDEN [58])

6.2 Ausgangspunkt eigener Untersuchungen

6.2.1 Der modulare Ansatz

Am Anfang stand die Überlegung eines nach Abb. 50 gegliederten Systems der Eigenüberwachung. Die Module zur Qualitätssicherung waren ursprünglich:

1. Qualitätsdiagnose
2. Ausführungsregeln
3. Pauschalierung der Mangelbeseitigungskosten
4. Prüfung und Dokumentation
5. Gegenprüfung.

Die Forderung nach Transparenz soll allen am Bau Beteiligten die Möglichkeit geben, die Prüfungen zu verfolgen. Das Vertrauen untereinander wird vertieft.

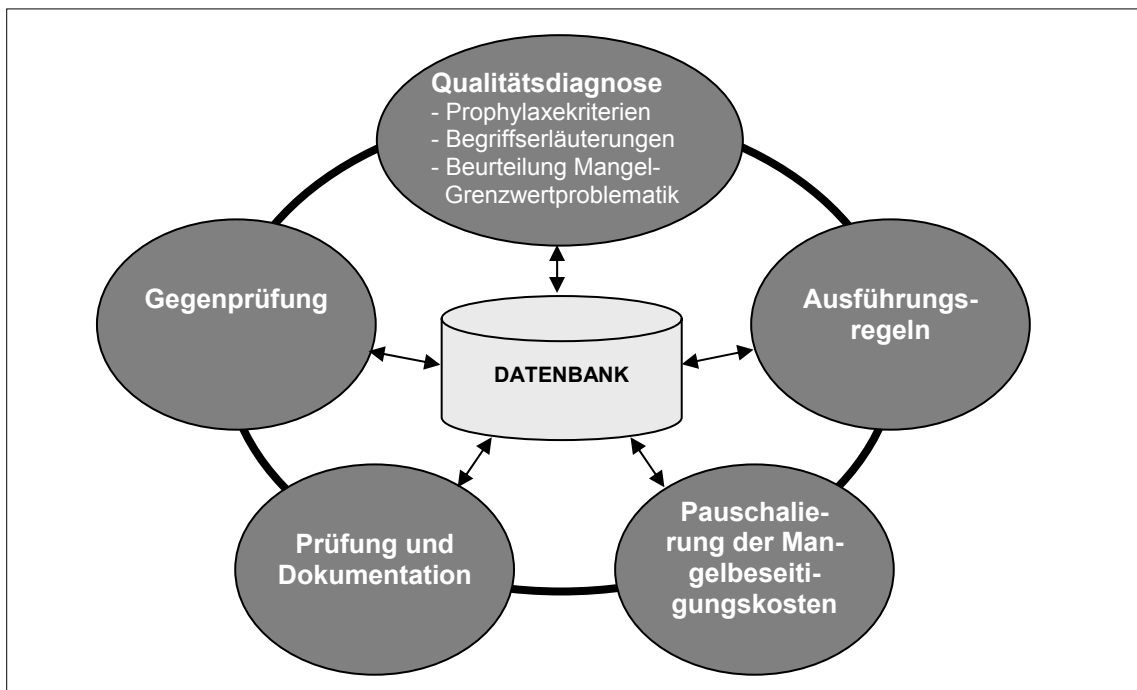


Abb. 50: Der modulare Ansatz eines Systems der Eigenüberwachung

6.2.2 Qualitätsdiagnose

Für eine Qualitätsdiagnose muss Qualität unzweifelhaft definiert sein.

Qualitätsdiagnose beinhaltet:

- a.) Prophylaxe-kriterien
- b.) Begriffserläuterungen
- c.) Beurteilung der Mangel-Grenzwertproblematik.

zu a) Prophylaxe-kriterien: Diese sind in Checklisten zusammengestellt.

Beispielhaft für Estrich- und Trockenbauarbeiten erfolgte durch ORBANZ [97] die praktische Anwendung der nach Gewerken gegliederten Listen (Abb. 51).

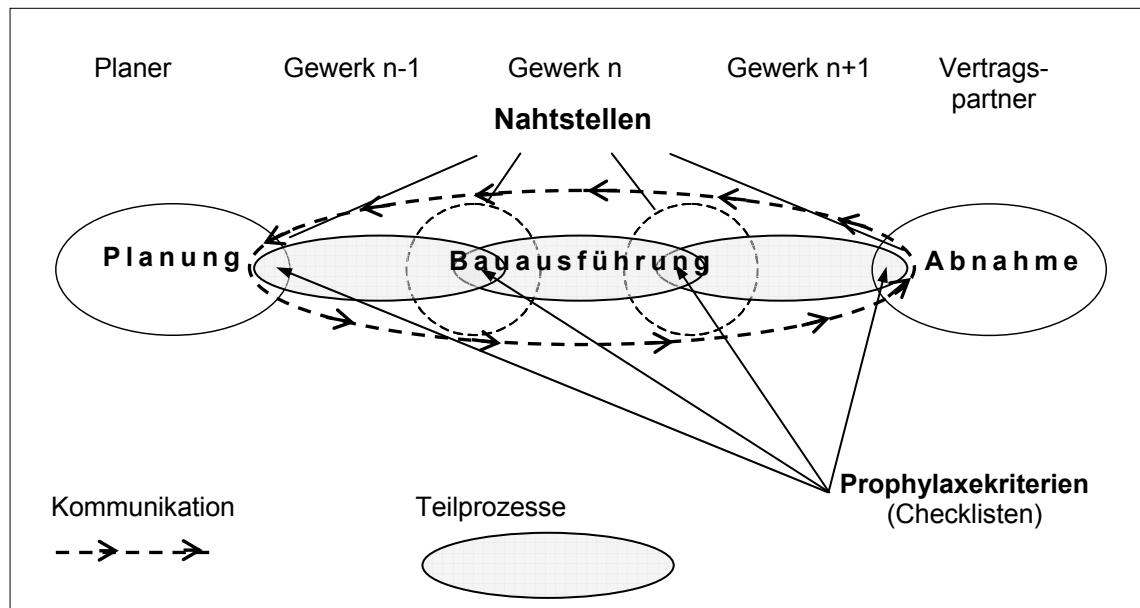


Abb. 51: Nahtstellen und Checklisten im Bauausführungsprozess

Dabei wurden folgende Erfahrungen gemacht bzw. bestätigt:

- Die bewusste selbstständige Überwachung der eigenen Leistung verlangt die Heranführung des/der Beschäftigten an die Nachweispflicht.
- Die Anwendung von Checklisten setzt vertragliche Vereinbarungen voraus. Bei firmeninterner Anwendung sind Arbeitsanweisungen notwendig.
- Checklisten werden auch für das Zusammenwirken aller Vorgänger- und Nachfolgergewerke benötigt.
- Durch fachbezogene Teamarbeit können die Checklisten nachhaltig verbessert werden.
- Die Checklisten müssen auf die Forderungen der Auftraggeber abgestimmt werden.
- Die Checklisten müssen Kenntnisse der Anwender nachvollziehbar berücksichtigen.

Diese Erfahrungen führten in der weiteren Forschungsarbeit zur Einbeziehung der FMEA-Analyse auf der Grundlage der DIN 25448 [47] und der Forschungsergebnisse nach HAENES [66] (vgl. Abschnitte 4.1.2 und 4.1.3).

Bei der Entwicklung der Checklisten wurden unter den Gewerken Beziehungen zueinander ausgebildet. Einzelne Prophylaxe-kriterien werden in verschiedenen Gewerken geprüft und ermöglichen einen Vergleich der Prüfergebnisse (anhand der Kriterien) miteinander.

Die Checklisten werden wegen des Anteils an prophylaktisch eingesetzten Prüfungen zutreffender als Kriterienlisten bezeichnet.

zu b) Begriffserläuterungen

Durch Begriffserläuterungen soll dem Anwender die Hinterfragung der in den Prophylaxe-kriterien enthaltenen Fachbegriffe ermöglicht werden.

zu c) Beurteilung der Mangel-Grenzwertproblematik

Unter dem Begriff Mangel-Grenzwertproblematik werden Fallkonstellationen zusammengefasst, bei denen anhand der vereinbarten Beschaffenheit und der „aRdT“ keine Eindeutigkeit hergestellt werden kann, ob ein Mangel vorliegt.

Auf der Grundlage verschiedener Flussdiagramme wurden wissenschaftliche Ansätze geschaffen, mit denen Streitigkeiten bezüglich hinnehmbarer Baumängel/-schäden vorgebeugt werden können. Die Notwendigkeit ergibt sich dadurch, dass zwischen den am Bau Beteiligten zum Zeitpunkt der Bauabnahme zu Baumängeln unterschiedliche Auffassungen existieren. (vgl. AURNHAMMER [5])

Als Ergebnis sollte allen am Bau Beteiligten ein von subjektiven Einflüssen entlastetes Instrument zur Akzeptanz hinnehmbarer Baumängel/-schäden zur Verfügung stehen (vgl. hierzu auch OSWALD [99]).

Während der Entwicklung der Flussdiagramme wurde jedoch erkannt, dass die Subjektivität bei Anwendung durch die Ausführenden zu erheblich ist.

6.2.3 Ausführungsregeln

Ausführungsregeln sollen dem Ausführenden anwendungsnah die Möglichkeit geben, auf die „Allgemein anerkannten Regeln der Technik“ zuzugreifen.

Infolge der Besonderheiten der Bauproduktion (Abschnitt 3.2) werden die Ausführenden mit einer Vielzahl unterschiedlicher Ausführungsdetails konfrontiert.

KLÄRNER/SCHWÖRER [82] behaupten beispielsweise, es sei unmöglich, dass die Projektbeteiligten immer über die notwendige Literatur verfügen, regelmäßig zu deren Benutzung angehalten werden können und die Unterlagen laufend aktualisieren. Nur dadurch könnte aber sichergestellt werden, dass der Informationsstand über allgemein einzuhaltende Qualitätsvorgaben so ausreichend ist, dass deren Umsetzung in eine qualitativ einwandfreie Ausführung am Bau gelingt.

Bei der Lösung der unzureichenden Informationsbereitstellung in der Bauausführung kann auf Forschungsprojekte aus der stationären Industrie hingewiesen werden. Beispielsweise wurde das Projekt ARVIKA durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie verschiedene deutsche Firmen geplant und getragen.

In diesem Projekt werden Augmented-Reality-Technologien (AR) zur Unterstützung von Arbeitsprozessen in Entwicklung, Produktion und Service für komplexe technische Produkte und Anlagen benutzerorientiert und anwendungsnah erforscht und realisiert.

Augmented Reality ist eine Form der Mensch-Technik-Interaktion, in welcher dem Anwender virtuelle Informationen in sein reales Sichtfeld - zum Beispiel mit Hilfe einer Datenbrille - eingeblendet werden. Dies geschieht jedoch kontextabhängig, d.h. passend und abgeleitet vom betrachteten Objekt. Das reale Sichtfeld eines Ausführenden soll durch eingeblendete Ausführungshinweise und -regeln erweitert werden.

Eine Kamera überträgt die Vor-Ort-Situation an einen System-Spezialisten in der Servicezentrale. Der Systemspezialist gibt situationsgerechte Anweisungen zur Unterstützung.

Bereits FRENZ [61] weist aber darauf hin, dass für einfache Aufgaben Augmented Reality (derzeit noch) keine signifikanten Vorteile bietet. AR bringt insbesondere bei den Aufgaben Vorteile, die sowohl kognitive als auch komplexe Anforderungen an den Arbeitenden stellen. In diesem Zusammenhang bietet das AR unterstützte telekooperative Lernen⁵⁴ besondere Möglichkeiten. Der hohe technische und didaktische Aufwand ist nach FRENZ als Einschränkung zu sehen.

Zentrales Merkmal der AR-Telekooperation ist die synchrone Entwicklung und Bearbeitung einer Problemstellung. Das Charakteristische an dieser AR-unterstützten Form der Telekooperation besteht darin, dass hier alle Teilnehmer auf ein Objekt bezogen virtuelle Informationen ergänzen können, obwohl nur einer der Teilnehmer (der Ausführende) das Objekt direkt wahrnimmt. Die aktive, räumlich getrennte Mitgestaltungsmöglichkeit an einem Objekt kann besondere Motivation für den gemeinsamen Lernprozess auslösen. Solche Lehr-Lern-Arrangements sind bisher trotz der zu vermutenden didaktischen Potenziale noch nicht im Detail ausgearbeitet und untersucht worden. Für weitere Untersuchungen sollten nach FRENZ aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive Szenarien entwickelt und evaluiert werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen könnten auch in ein System der Qualitätssicherung in der Bauausführung integriert werden. Der Grundgedanke des telekooperativen Lernens wird im folgenden Abschnitt 6.3 durch die Zugriffsmöglichkeit aller am Bau Beteiligten auf ein System der Qualitätssicherung berücksichtigt.

Die Notwendigkeit der Ausführungsregeln wird als Teil der Verbesserungspotenziale (Autodidaktik) einer Qualitätssicherung in der Bauausführung (vgl. Abschnitt 6.1) in Abschnitt 6.5.1 berücksichtigt.

6.2.4 Pauschalierung der Mangelbeseitigungskosten

Die Pauschalierung der Mangelbeseitigungskosten sollte als Pönale (Strafsystem) zum Zweck der Durchsetzung einer Qualitätskonzeption dienen.

Ein Ansatz zur Schätzung der zeitabhängigen Mangelbeseitigungs- oder Nachbesserungskosten ist die Behauptung von HELMUT [70], dass sich Fehlerbeseitigungskosten von einem Arbeitsschritt zum nächsten jeweils verzehnfachen.

Dem Ausführenden muss deutlich werden, wie die durch seinen Fehler verursachten Kosten mit zunehmendem Baufortschritt wachsen. Kosten sollen als Argument dienen, durch vorbeugendes Handeln Fehler zu vermeiden.

Um pauschale monetäre Ergebnisse zu erhalten, sind zur Verdeutlichung der Problematik u.a. zeitabhängige Kostenschätzungen operabel, d.h. mess- und rechenbar, zu machen.

⁵⁴ Telekooperatives Lernen ist der bei einer Telekooperation stattfindende Lernprozess. Telekooperation ist die mediengestützte arbeitsteilige Leistungserstellung von individuellen Aufgabenträgern, Organisationseinheiten und Organisationen, die über mehrere Standorte verteilt sind. (vgl. REICHWALD [105])

PETER [102] stellte in ihren Untersuchungen zur Möglichkeit einer nachvollziehbaren Pauschalierung von Wertminderungen fest, dass die Kosten zu einzigartig und häufig, aufgrund der Vielfalt der Wertträger, sogar einmalig sind. Sie entziehen sich einer Pauschalierung.

Die Beurteilung der Grenzwertproblematik und die Pauschalierung der Mangelbeseitigungskosten sind für ein Qualitätssicherungssystem nicht geeignet.

6.2.5 Prüfung und Dokumentation

Teil der eigenen Untersuchungen sind Prüfungen und Dokumentationen nach Abschnitt 4.3.

Auf der Grundlage manueller und halbautomatischer sowie subjektiver Prüfdatenerfassungen (signierte Bildinformationen) wurden u.a. durch ORBANZ [97] und BRÜDERN [25]) Untersuchungen zur Verifizierung durchgeführt.

Es bestätigte sich, dass die Objektivität der Prüfdaten durch eine Integration aller am Bau Beteiligten in die baubegleitende Qualitätssicherung und durch eine Verkettung der Prüfungen gesteigert werden kann.

6.2.6 Gegenprüfung

Prüfergebnisse werden auf der Basis identischer Prophylaxekriterien verglichen. Gleiche Prüfverfahren sind durch die Ausführenden unterschiedlicher Teilprozesse durchzuführen.

Grundlagenuntersuchungen zur Anwendung geeigneter Soft- und Hardwarekomponenten sowie zur Weiterleitung der Prüfinformationen durch den Mitarbeiter auf eine interaktive Plattform werden in Abschnitt 6.7 vorgestellt.

Folgende systemintegrierten „helfenden“ Bestandteile einer Qualitätssicherung in der Bauausführung werden, aufbauend auf den durchgeführten Grundlagenuntersuchungen, tiefer untersucht:

- Eigenüberwachung
- Automatische Mess- und Prüfmethoden
- Transparente Datensicherung für alle am Bau Beteiligten
- Automatischer Konformitäts-Check
- Prüfungen durch den Bauleiter
- Kontrolle durch die Bauüberwachung.

Diese gehen in die folgende Abb. 52 ein.

6.3 Das Konzept einer verbesserten Qualitätssicherung

6.3.1 Hierarchiestufen einer Qualitätssicherung in der Bauausführung

Ein Konzept zur Qualitätssicherung soll, basierend auf der Interpretation rotierender Ringabschnitte, nachfolgend vorgestellt werden.

Es wird im Weiteren als System der „Helfenden Prüfungen“ bezeichnet.

Abb. 52 verdeutlicht das System einer transparenten Prüfung. Dargestellt werden soll, dass eine nicht erfolgte Fehlerbeseitigung die Wirtschaftlichkeit des Systems mit zunehmender Hierarchiestufe der Fehlerentdeckung mehr und mehr belastet.

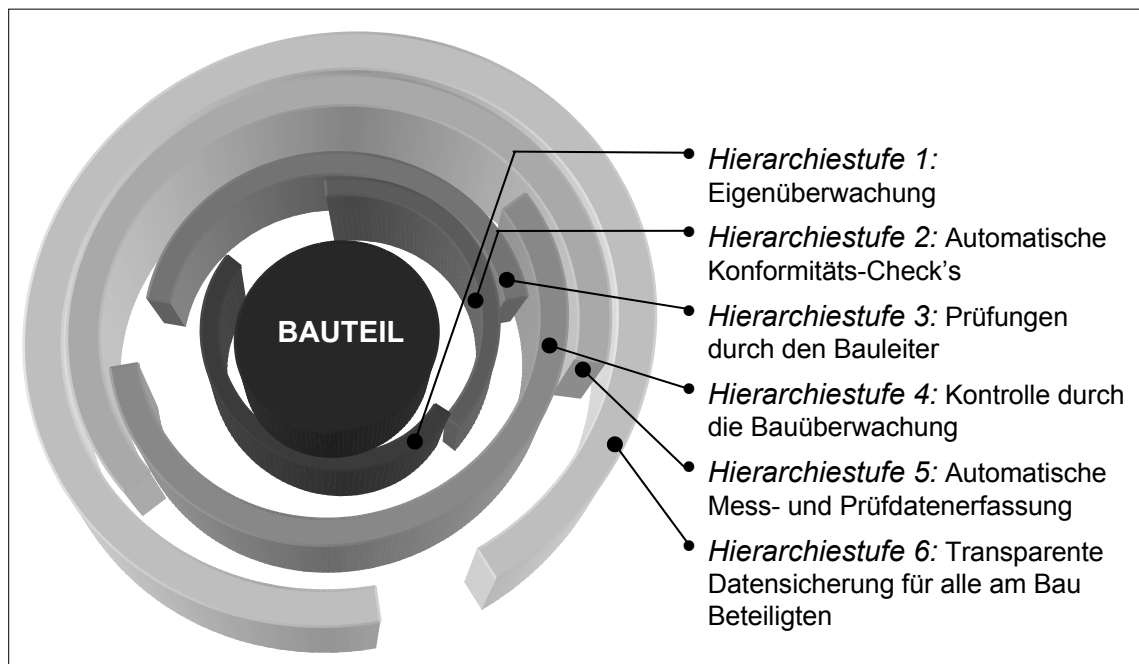


Abb. 52: Hierarchiestufen eines Konzeptes zur Qualitätssicherung in der Bauausführung

Alle Teilringe in Abb. 52 sind als rotierend zu betrachten. Jeder Ring symbolisiert eine Hierarchiestufe der Prüfung. Entsprechend dem fehlenden Teil des Ringes besteht die Möglichkeit des Fehlerdurchgangs, d.h. der Fehler wird an diesem Bauteil nicht entdeckt. Durch den folgenden Ring (Hierarchiestufe) erfolgt eine erneute Prüfung der Bauteileigenschaften. Um nachweislich eine 100-prozentige Prüfung zu erreichen, müssen die rotierenden Ringe gewährleisten, dass zu keinem Zeitpunkt eine direkte Verbindung zwischen Kern und dem äußeren Bereich entsteht.

Das System der „Helfenden Prüfungen“ ist entsprechend dem Risiko einer Qualitätsabweichung (Fehlerentstehung) einzurichten. Beispielsweise wenn die erste Hierarchiestufe der Prüfung nicht entsprechend dem vereinbarten Umfang durchgeführt wird, müssen folgende Hierarchiestufen der Prüfungen intensiviert werden. Umgekehrt bedeutet dies auch, dass bereits bei konsequenter Prüfung der geforderten Qualität auf der ersten Hierarchiestufe die Aufwendungen der Prüfungen in den folgenden Hierarchiestufen reduziert werden können.

6.3.2 Ansatz der Prophylaxekriterien

Über den Ansatz der Prophylaxekriterien soll die Prophylaxe von Bauschäden und damit ein Ziel der hiermit vorgelegten Arbeit erreicht werden.

Die in den Kapiteln 5 erläuterten Untersuchungen haben ergeben, dass sich aus Baumängeln und Bauschäden typische Baumangel-/Bauschadensbilder ableiten lassen. Ausschlaggebende Forderungen wären zu erfüllen, wenn den Bauschadensursachen (beispielsweise zur Vermeidung von Baumängeln und Bauschäden an Außenwänden nach Abschnitt 5.2, Abb. 42) entgegen gewirkt werden soll.

Mit 20 % des Aufwandes kann 80 % aller Baumängel- und Bauschäden vorgebeugt werden. Für die komplizierteren 20 % der Fälle fallen 80 % des Aufwandes an. (vgl. u.a. MASING [90])

Eine gezielte Bauschadensprophylaxe in der Bauausführung ist durch Erfüllung bauschadensrelevanter Anforderungen anhand der Prophylaxekriterien zu erreichen.

Der kompliziertere 20 %-Anteil der Fälle wird durch die Verkettung der Hierarchiestufen (vgl. Abb. 52) abgedeckt.

Die Prophylaxekriterien können entsprechend dem Schema nach Abb. 53 hergeleitet werden.

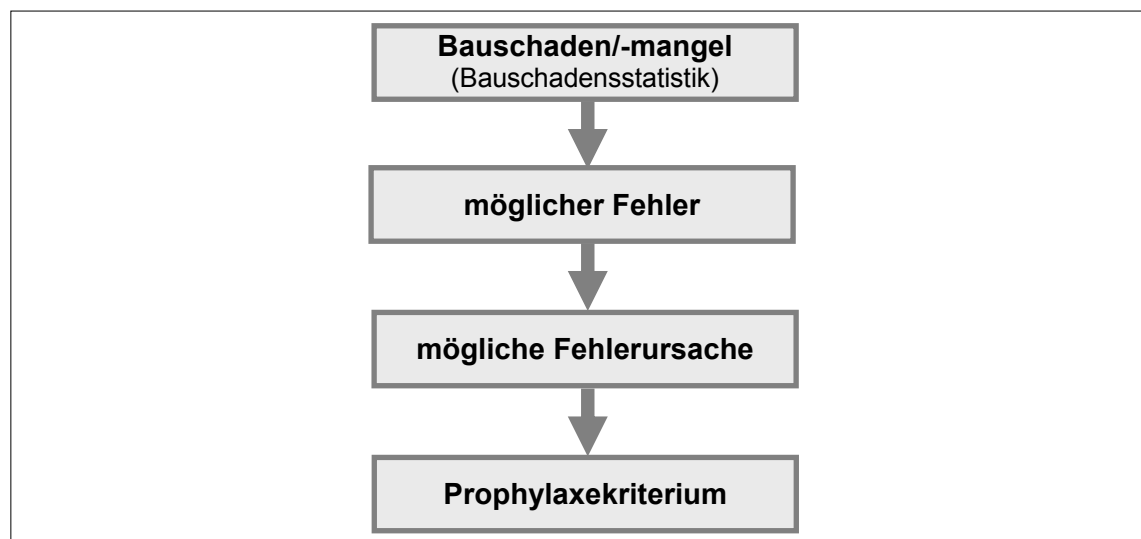


Abb. 53: Algorithmus zur Ableitung der Prophylaxekriterien

Die Einhaltung der Prophylaxekriterien in den Teilprozessen der Bauausführung ist eine Voraussetzung für die Vermeidung von Bauschäden. (vgl. Abb. 54)

Die Prophylaxekriterien sind im Bauausführungsprozess entsprechend Abb. 54 als Teil der Anweisungen aus dem Planungsprozess oder direkt in der Bauausführung zu prüfen.

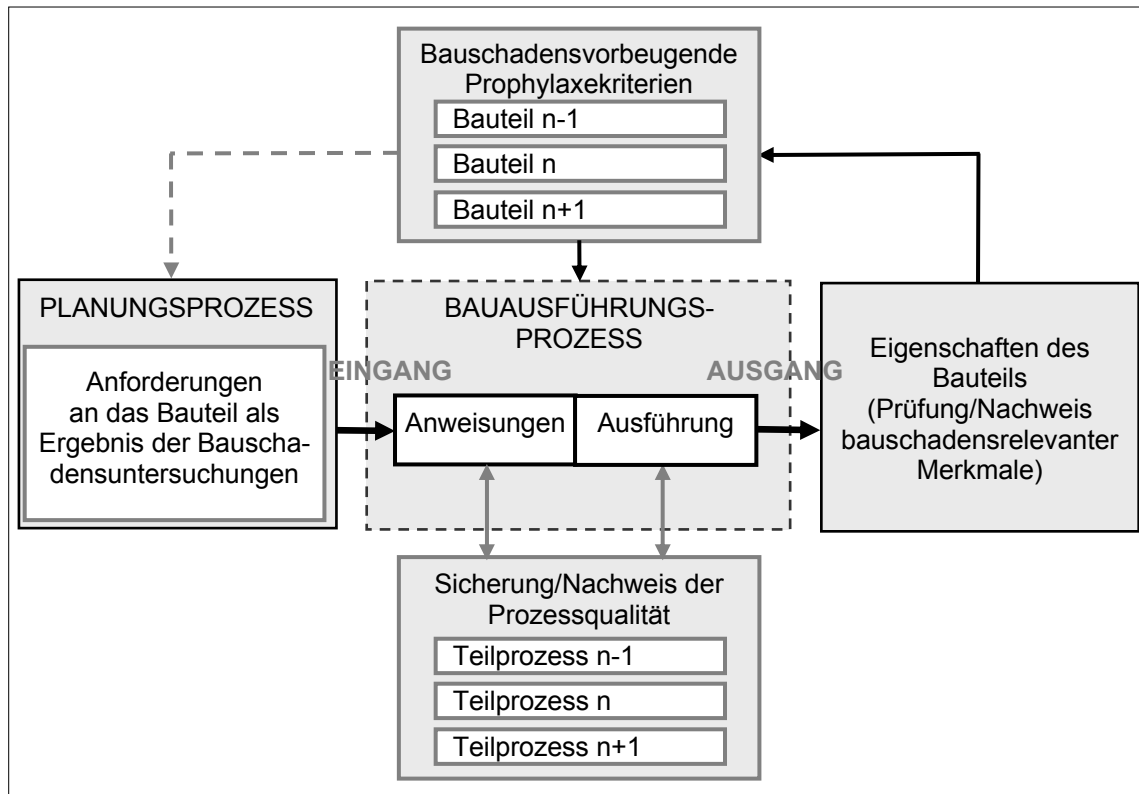


Abb. 54: Einfluss der Prophylaxe-kriterien auf den Bauprozess

Der Ansatz der Prophylaxe-kriterien wird im folgenden Abschnitt zur weiteren Anwendung im System der „Helfenden Prüfungen“ modifiziert.

6.4 Prophylaxe-kriterien

6.4.1 Herleitung der Prophylaxe-kriterien

Prophylaxe-kriterien werden hergeleitet aus:

- Erkenntnissen der Bauschadensforschung (Abschnitte 2 und 5),
- prozessspezifischen Erfahrungen (z.B. ermittelt durch ein FMEA-Team gemäß Abschnitt 4.1.3).

Ergebnis der Fehler-Möglichkeiten- und -Einfluss-Analyse (FMEA) ist eine „Rangliste“ der Fehler. Die Risikobewertungszahl (RPZ) bestimmt die Notwendigkeit, Maßnahmen zur Vermeidung des Fehlers vorzusehen. (vgl. Abschnitt 4.1.3)

Anhand der Gegenmaßnahmen werden Prophylaxe-kriterien definiert.

Diese sind in angemessenen Abständen an die sich ändernden Fehlerursachen anzupassen.

Auch die Anpassung erfolgt über die Ermittlung von RPZ. (vgl. Abschnitt 4.1.3)

Folge ist eine prozessorientierte iterative Dynamik im System.

Erläuterung zur Herleitung der Prophylaxekriterien (vgl. Abb. 55):

- Schritt 1: Aus den Erkenntnissen der Bauschadensforschung (vgl. Abschnitt 2 und Abschnitt 5) wird das Stamm-Bauschadensverzeichnis⁵⁵ in Form einer Datenbank dem Anwenderunternehmen zur Verfügung gestellt. Die Klassifizierung der Datenbank erfolgt entsprechend der Schadensanfälligkeit verschiedener Bauteilgruppen, z.B. nach Abschnitt 2.2. Abschnitt 6.4.2 stellt diese exemplarisch für einen Teilprozess dar. Inhalt der Datenbank ist auch eine vorgeschlagene Fehleranalyse. Durch das Anwenderunternehmen werden relevante Informationen in ein prozessspezifisches Bauschadensverzeichnis (Grundgerüst) übernommen. Dieses ist durch unternehmenstypische, für den jeweiligen Teilprozess häufige Bauschadenspositionen zu vervollständigen.
- Schritt 2: Das prozessspezifische Bauschadensverzeichnis ist Ausgangsbasis für eine FMEA. Die zutreffenden Bauschäden/-Baumängel dienen entsprechend Abb. 53 zum Analysieren der Fehler, der Herleitung von Fehlerursachen und der Wichtung. Die Modifizierung erfolgt durch das FMEA-Team. Ergebnis ist eine Rangfolge von Fehlern, deren Auswirkungen gravierend sein können.
- Schritt 3: Die Prophylaxekriterien werden aus der Beantwortung der Frage „Was muss beachtet werden, um der Fehlerursache entgegen zu wirken?“ durch das FMEA-Team abgeleitet.
- Schritt 4: Hier erfolgt die Feststellung, welche der Prophylaxekriterien des Teilprozesses n-i (output) auch durch die folgenden Teilprozesse n (input) zu prüfen sind. Die unveränderte Übernahme der jeweiligen output-Prophylaxekriterien als input schafft eine Vergleichsbasis und ist Voraussetzung für den Konformitäts-Check. Die Verknüpfungen der Prophylaxekriterien sind Teil des in Abschnitt 6.7 vorgestellten baubetrieblichen Kommunikationsmodells.
- Schritt 5: Auf dieser Grundlage wird durch den Ausführenden vor Ort an den kritischen Stellen geprüft. Die Erfassung der Prüfdaten und die Dokumentation der Prüfergebnisse erfolgen mit zweckmäßigen, objektiven Prüfmitteln nach definierten Prüfverfahren. (vgl. Abschnitte 4.3.3 und 4.3.4) als Teil der Eigenüberwachung.
- Schritt 6: Die Dokumentation der Prüfungen garantiert, dass nach Auffassung des Ausführenden eine fehlerfreie Leistung erbracht wird.
- Schritt 7: Die externen/internen bauschadensvorbeugenden Qualitätskontrollen dienen als Iterationsvoraussetzung für Schritt 2.

⁵⁵ Das Stamm-Bauschadensverzeichnis (SBV) ist ein Verzeichnis der häufigsten Baumängel und Bauschäden. Diese sind nach Teilprozessen gegliedert.

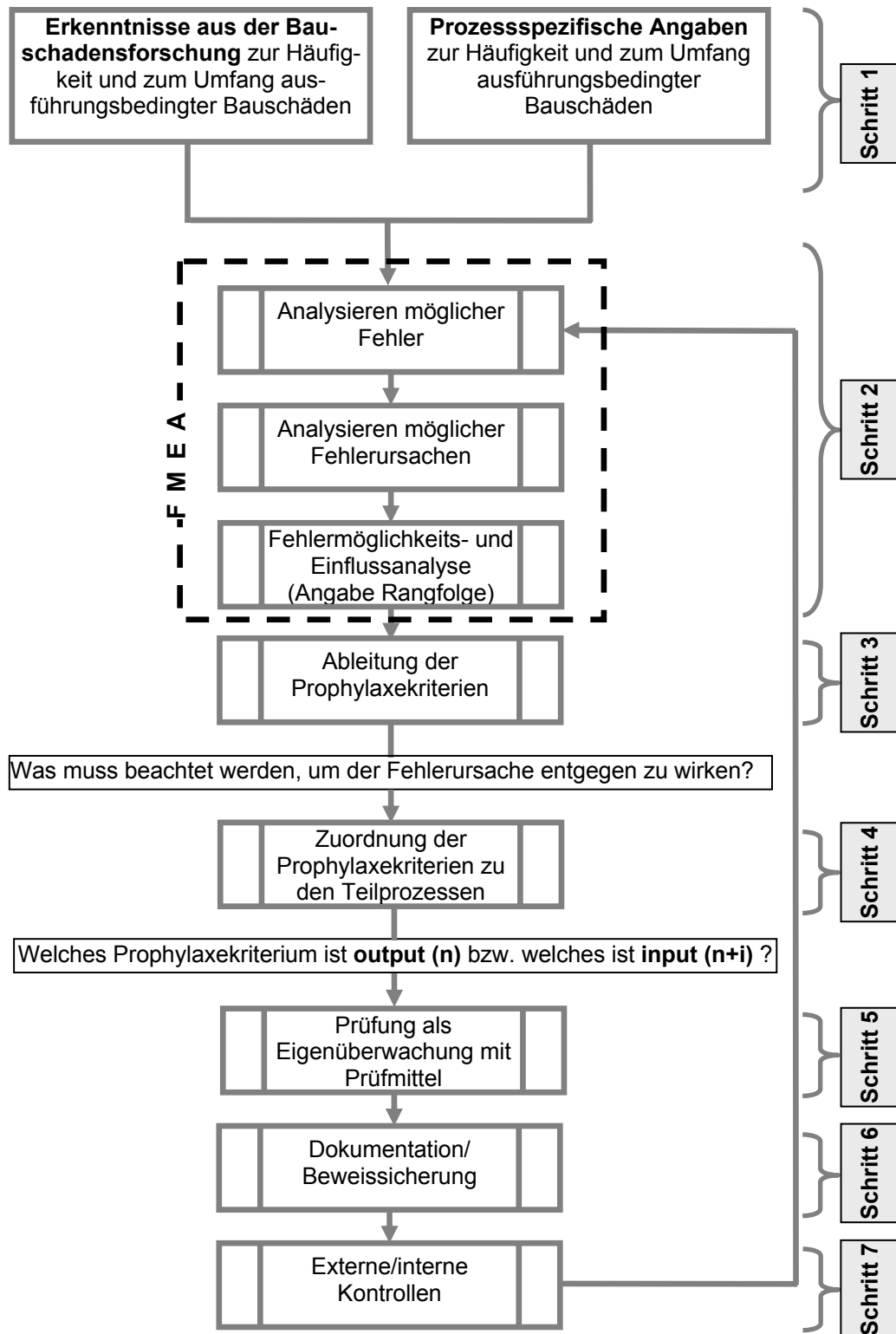


Abb. 55: Methode zur Herleitung der Prophylaxe-kriterien

6.4.2 Definieren der Prophylaxekriterien aus der Bauschadensforschung

In diesem Abschnitt erfolgt an einem Beispiel die Verifizierung der Methode zur Herleitung der Prophylaxekriterien in einem Stamm-Bauschadensverzeichnis. Tab. 9 enthält einen Auszug.

Prophylaxekriterien am Bauteil „Keller/Drainagen“ im Teilprozess „Abdichtungsarbeiten“ werden exemplarisch nach Abschnitt 6.3.2, Abb. 53 hergeleitet.

Typische Baumängel-/Bauschadensbilder an der Bauteilgruppe „Keller/Drainagen“ sind beispielsweise die beschädigten vertikalen Abdichtungen. (vgl. Abschnitt 5.2, Abb. 44)

Als Bauschaden wurde Feuchtigkeit bedingt durch die Beschädigung der Abdichtung der erdberührenden Kelleraußenwände festgestellt.

Dieser Bauschaden wird als Teil eines Stamm-Bauschadensverzeichnisses (SBV) einschließlich möglicher Fehler und Fehlerursachen in Tab. 9, Pos. 1.1.2 erfasst.

Pos. 1.1.2	Feuchtigkeitsschäden (Kelleraußenwandfläche)
---------------	---

Als Fehler wird in Spalte 4 die versagende Schutzmaßnahme vor Bauwerkshinterfüllung vorgegeben. In Spalte 5 ist angegeben, dass Sorglosigkeit und fehlende Kenntnis mögliche Fehlerursachen sind.

RA, RB, RE und RPZ sowie der ermittelte Rang sind als Vorschlag im SBV zu betrachten.

Als zu prüfendes und nachzuweisendes Prophylaxekriterium wird vorgeschlagen:

„Ist Abdichtung der erdberührenden Kelleraußenwände vor und während der Hinterfüllung des Bauwerks vor Beschädigung geschützt?“

Tab. 9: Auszug, Stamm-Bauschadensverzeichnis

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Stamm-Positionierung				Wahrscheinlichkeit des Auftretens	Bedeutung	Entdeckung	Risikoprioritätszahl		
Teilprozess	Pos.	Bauschaden: (Ort)	Möglicher Fehler:	Mögliche Fehlerursachen:	RA	RB	RE	RPZ	Rang	Prophylaxe-kriterien: ⇒ Mess-, Prüfdatenerfassung/Dokumentation
Abdichtungsarbeiten	1.1.1	Feuchtigkeits-schäden (Kelleraußenwand- fläche)	gewählte Abdichtung nicht abgestimmt auf tat- sächlichen Wasseranfall	fehlendes Bau- grundgutachten, fal- sche Einschätzung	2	8	10	160	5	Liegt Baugrundgutachten vor? Entspricht Aus- führung der Forderung aus Baugrundgutachten? ⇒ Signierung Ausführender
	1.1.2	Feuchtigkeits-schäden (Kelleraußenwand- fläche)	unzureichende Schutz- maßnahme vor und während der Bauwerks- hinterfüllung	Sorglosigkeit/ fehlende Kenntnis	5	8	9	360	2	Ist die Abdichtung der erdberührenden Keller- außenwände vor und während der Hinterfüllung des Bauwerks vor Beschädigung geschützt? ⇒ transparente Dokumentation ⁵⁶
	1.1.3	Feuchtigkeits-schäden (Kelleraußenwand- fläche)	zu geringe Trocken- schichtdicke der Bitumenlackbeschich- tung an der Kellerau- ßenwand, bei geforderter Abdichtung nach DIN 18195-4, lokal < 3 mm	Sorglosigkeit/ fehlende Kenntnis	10	8	10	800	1	Ist die Schichtdickenkontrolle im frischen Zustand und Durchtrocknung sowie Trockenschichtdickenmessung im Keilschnittver- fahren durchgeführt worden? ⇒ Nachweis über Keilschnittverfahren nach DIN 50986 ⇒ transparente Dokumentation
	1.1.4	Feuchtigkeits-schäden (Kelleraußenwand- fläche)	Verwendung von unge- eignetem Füllmaterial	Sorglosigkeit	5	8	8	320	3	Ist das Material zur Bauwerks-hinterfüllung geeignet? ⇒ transparente Dokumentation
	1.1.5	Feuchtigkeits-schäden (Aufsatzpunkt der Kelleraußenwand auf zentraler u. vertikaler Ab- dichtung der Bodenplatte)	fehlender wasserdichter Anschluss zwischen hori- zontaler u. vertikaler Ab- dichtung	Sorglosigkeit/feh- lende Kenntnis	5	9	8	360	2	Ist ein wasserdichter Anschluss zwischen horizontaler und vertikaler Abdichtung am Fußpunkt der Kelleraußenwand hergestellt? ⇒ transparente Dokumentation
	1.1.6	Feuchtigkeits-schäden (Kelleraußenwand, oberhalb der Fußbo- denkonstruktion)	fehlender o. mangelhaf- ter Anschluss zwischen Abdichtung Bodenplatte u. Horizontalabdichtung	Sorglosigkeit/feh- lende Kenntnis	4	6	9	216	4	Ist die Abdichtung der Bodenplatte mit der unteren horizontalen Abdichtung in Kelleraußenwand mit 8 cm Überlappung verbunden? ⇒ transparente Dokumentation

⁵⁶ Unter transparenter Dokumentation wird verstanden, dass dokumentierte Informationen für alle am Bau Beteiligten abgelegt und gesichert werden. Alle am Bau Beteiligten haben damit auch die Möglichkeit, jederzeit die Informationen über die Qualität anhand von Dokumentationen einsehen zu können.

6.4.3 Ableitung der prozessspezifischen Prophylaxe Kriterien

Die Einzigartigkeit der Bauschäden verlangt eine prozessspezifische Anpassung und Ergänzung der aus dem SBV entnommenen Positionen an unternehmens- und baustellentypischen Besonderheiten.

Die in der Bauausführung zu prüfenden Prophylaxe Kriterien aus dem Stamm-Bauschadensverzeichnis werden in Schritt 1 (siehe Abschnitt 6.4.1) in ein prozessspezifisches Bauschadensverzeichnis (PBV) übernommen. (vgl. Abb. 56)

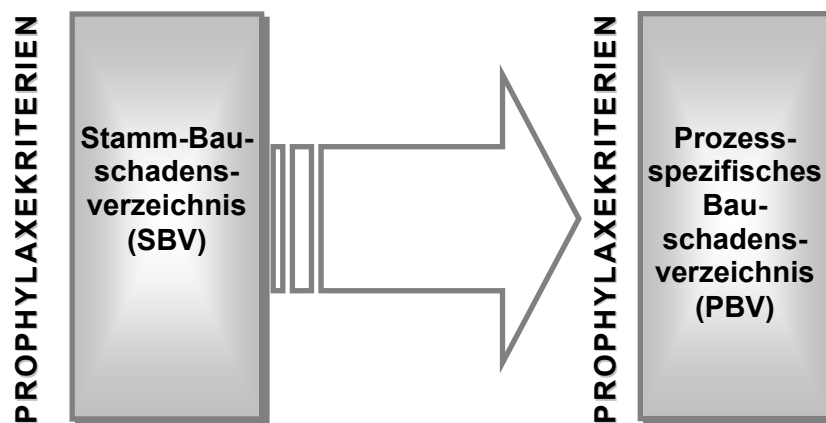


Abb. 56: Datenadaption Stamm-/prozessspezifisches Bauschadensverzeichnis

Beispielsweise erfolgt die Übernahme der in Tab. 9 aufgeführten Position 1.1.2 in das prozessspezifische Bauschadensverzeichnis (PBV), vgl. auch Tab. 10, Pos. 1.1.3.

Pos. 1.1.3	Feuchtigkeitsschäden (Kelleraußenwandfläche)
---------------	---

Auf der Grundlage der Begutachtungen von 6 Einfamilienhäusern wurden Prozessspezifische Werte zur Häufigkeit und zum Umfang ausführungsbedingter Bauschäden zusammengestellt.

Die Ausführung der abdichtungsrelevanten Bauteile erfolgte wie folgt:

- Kelleraußenmauerwerk : Porotonziegel
- Kelleraußenwandabdichtung : Bitumendickbeschichtung
- (Ausführung gemäß Baubeschreibung nach DIN 18195-4 [44])
- Abdichtung Bodenplatte : Bitumenbahnen.

Erfasst wurden die für den Teilprozess „Abdichtungsarbeiten“ (Keller/Drainagen) relevanten Baumängel/-schäden zum Zeitpunkt der Bauabnahme.

In Tab. 10 erfolgt eine Ergänzung der aus dem SBV übernommenen Positionen.

Die nicht kursiv geschriebenen Positionen (in Spalte 2 der Tab. 10 auch mit SBV gekennzeichnet), wurden aus dem Stamm-Bauschadensverzeichnis (vgl. Tab. 9) übernommen. Die kursiv geschriebenen Positionen (in Spalte 2 der Tab. 10 zusätzlich mit neu gekennzeichnet), wurden aus der Begutachtung der Objekte abgeleitet.

Danach führt der Anwender auf der Grundlage der im PBV erfassten Baumängel- und Bauschäden die FMEA durch. (vgl. Schritt 2, Abschnitt 6.4.1)

Die Analyse des FMEA-Team's bestätigt als Fehler für die aufgeführten Feuchtigkeits-schäden in Spalte 4 die

<p>unzureichende Schutzmaßnahme vor und während der Bauwerkshinterfüllung</p>

und als Fehlerursache in Spalte 5 die

<p>Sorglosigkeit.</p>

Sorglosigkeit bezieht sich hierbei auf die Mitarbeiter. Die Fehlerursache „fehlende Kenntnis“ (vgl. Tab. 9, Pos. 1.1.2) wurde durch das FMEA-Team nicht übernommen.

Anzumerken ist, dass bereits im FMEA-Team z.B. mit TL, EK, BL, SV, BH, die Notwendigkeit einer Ausführung der Schutzmaßnahme diskutiert und erkannt wurde.

Im Rahmen der FMEA-Analyse wird danach untersucht, welche Wichtung der Fehler hat bzw. welche Auswirkungen auftreten können.

Durch die Anpassung von RA, RB, RE und RPZ im PBV, dargestellt in Tab. 10, ändert sich die Rangfolge.

Durch die Rangfolge erfolgt eine Differenzierung der bedeutsamen von den weniger bedeutsamen Prophylaxe-kriterien.

Die einzelnen Prophylaxe-kriterien werden anschließend durch das FMEA-Team aus der Beantwortung der Frage ermittelt: „Was muss beachtet werden, um der Fehlerursache entgegen zu wirken?“ Die Beantwortung auf die Fragestellungen infolge der Prophylaxe-kriterien muss immer mit „ja“, „nein“ oder „entfällt“ möglich sein.

Als wichtiges Prophylaxe-kriterium wurde für das Beispiel analysiert:

<p>Ist die Abdichtung der erdberührenden Kelleraußenwände vor und während der Hinterfüllung des Bauwerks vor Beschädigung geschützt?</p>
--

Der folgende Schritt legt die Zuordnung zu den jeweiligen Teilprozessen fest.

Die Prüfung nach dem Prophylaxe-kriterium ist Leistungsbestandteil der Abdichtungsarbeiten (Teilprozess n) und des folgenden Teilprozesses Erdarbeiten (Teilprozess n+1). Der Teilprozess Erdarbeiten prüft die Einhaltung des Prophylaxe-kriteriums vor Hinterfüllung des Bauwerks.

Mehrere Nachfolge-Teilprozesse n+i mit identischen Prophylaxe-kriterien erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Fehlerentdeckung.

Der vor Ort ausführende Mitarbeiter eines Unternehmens prüft für seinen Teilprozess die Summe der Prophylaxe-kriterien in der Reihenfolge der Arbeitsprozesse.

Die baubegleitende Mess- und Prüfdatenerfassung sowie Dokumentation der Prüfung erfolgt im Beispiel anhand signierter Bildinformationen (vgl. Abschnitt 4.3). Nach der Datensicherung besteht die Zugriffsmöglichkeit für alle am Bau Beteiligten. Diese wird in diesem Beispiel als

Transparente Dokumentation

bezeichnet. Wenn nach Kenntnisnahme aller am Bau Beteiligten keine Einwände erhoben werden, besteht ein hoher Grad an Objektivität der Prüfungen. (vgl. auch Abschnitt 4.3.3)

Durch die Dokumentation wird die Erziehung des Ausführenden erreicht. (vgl. ALGEDRI [2])

Prophylaxe-kriterien für den Teilprozess Abdichtungsarbeiten enthält Tab. 10.

Tab. 10: Auszug, prozessspezifisches Bauschadensverzeichnis

Auszug aus dem prozessspezifischen Bauschadensverzeichnis (PBV) als Ergebnis einer stichprobenartigen Befragung vor Ablauf der Ansprüche auf Mängelbeseitigung am Beispiel Einfamilienhaus mit Keller

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Neue Positionierung					Bedeutung	Entdeckung	Risikoprioritätszahl		
Teilprozess	Pos.	Bauschaden: (Ort)	Möglicher Fehler:	Mögliche Fehlerursachen:	RA	RB	RE	RPZ	Rang	Prophylaxe-kriterien: ⇒ Mess- und Prüfdatenerfassung/ Dokumentation
	1.1.1 (aus SBV*)	Feuchtigkeitsschäden (Kelleraußenwandfläche)	gewählte Abdichtung nicht abgestimmt auf tatsächlichen Wasseranfall	fehlendes Baugrundgutachten, falsche Einschätzung	2	8	10	160	6	Liegt Baugrundgutachten vor? Entspricht Ausführung der Forderung aus Baugrundgutachten? ⇒ Signierung Ausführender
	1.1.2 (neu**)	Feuchtigkeitsschäden (Außenwand/Sockel)	Abdichtung oder ausreichend wasserabweisende Bauteile bis 300 mm (minimal 150 mm) oberhalb des Geländes fehlen	Sorglosigkeit, fehlende Information, fehlende Kenntnis	8	5	8	320	4	Ist die Abdichtung planmäßig bis 300 mm über Gelände geführt? ⇒ transparente Dokumentation
	1.1.3 (aus SBV*)	Feuchtigkeitsschäden (Kelleraußenwandfläche)	unzureichende Schutzmaßnahme vor und während der Bauwerks hinterfüllung	Sorglosigkeit	5	8	9	360	3	Ist die Abdichtung der erdbührenden Kelleraußenwände vor und während der Hinterfüllung des Bauwerks vor Beschädigung geschützt? ⇒ transparente Dokumentation
Abdichtungsarbeiten										
	1.1.4 (aus SBV*)	Feuchtigkeitsschäden (Kelleraußenwandfläche)	zu geringe Trockenschichtdicke der Bitumendickbeschichtung an der Kelleraußenwand, bei geforderter Abdichtung nach DIN 18195-4, lokal < 3 mm	Sorglosigkeit/fehlende Kenntnis	10	8	10	800	1	Ist die Schichtdickenkontrolle im frischen Zustand und Durchtrocknung sowie Trockenschichtdickenmessung im Keilschnittverfahren durchgeführt worden? ⇒ Nachweis über Keilschnittverfahren nach DIN 50986 ⇒ transparente Dokumentation

- Fortsetzung Tabelle -

Teilprozess	Pos.	Bauschaden:	Möglicher Fehler:	Mögliche Fehlerursachen:	RA	RB	RE	RPZ	Rang	Prophylaxe-kriterien: ⇒ Mess- und Prüfdatenerfassung/ Dokumentation
	1.1.5 (aus SBV*)	Feuchtigkeitsschäden (Kelleraußenwandfläche)	Verwendung von ungeeignetem Füllmaterial	Sorglosigkeit	5	8	8	320	4	Ist das Material zur Bauwerkshinterfüllung geeignet? ⇒ transparente Dokumentation
	1.1.6 (aus SBV*)	Feuchtigkeitsschäden (Aufsatzpunkt der Kelleraußenwand auf der Bodenplatte)	fehlender wasserdichter Anschluss zwischen horizontaler und vertikaler Abdichtung	Sorglosigkeit/fehlende Kenntnis	5	9	8	360	3	Ist ein wasserdichter Anschluss zwischen horizontaler und vertikaler Abdichtung am Fußpunkt der Kelleraußenwand hergestellt? ⇒ transparente Dokumentation
	1.1.7 (aus SBV*)	Feuchtigkeitsschäden (Kelleraußenwand, oberhalb der Fußbodenkonstruktion)	Fehlender oder mangelhafter Anschluss zwischen Abdichtung der Bodenplatte und Horizontalabdichtung	Sorglosigkeit/fehlende Kenntnis	4	6	9	216	5	Ist die Abdichtung der Bodenplatte mit der unteren horizontalen Abdichtung in Kelleraußenwand mit 8 cm Überlappung verbunden? ⇒ transparente Dokumentation
	1.1.8 (neu**) (Außenwand/Sockel)	Feuchtigkeitsschäden (Außenwand/Sockel)	lokal fehlende Abdichtung an den erdberührenden Wandbauteilen im Anschlussbereich an einen möglichen Geländeverlauf	fehlende Information (zum Geländeverlauf), Sorglosigkeit (vorzeitiges Hinterfüllen des Bauwerks)	7	6	10	420	2	Erfolgte eine Festlegung des geplanten Geländeverlaufes in den Planungsunterlagen oder am teilsfertiggestellten Bauwerk? ⇒ transparente Dokumentation
	1.1.9 (neu**) (Außenwand/Tür)	Feuchtigkeitsschäden (Außenwand/Tür)	Abdichtung Türschwelle Hauseingang fehlt (DIN 18195-4, Abschn. 6.1.1)	fehlende Kenntnis, nicht eindeutige vertragliche Zuordnung dieser Leistung zu Mauer- oder Abdichtungsarbeiten (Nahtstellenproblematik)	3	5	7	105	7	Ist die Türschwelle abgedichtet? ⇒ transparente Dokumentation

Legende: * aus SBV, d.h. Positionen aus dem Stamm-Bauschadensverzeichnis in das prozessspezifische Bauschadensverzeichnis (PBV) übernommen

** neu, d.h. im PBV zugefügte Positionen

6.5 Die Bestandteile des Systems der „Helfenden Prüfungen“

6.5.1 Eigenüberwachung

Im System der "Helfenden Prüfungen" werden durch die Ausführenden folgende Prüfungen anhand der Prophylaxe-kriterien durchgeführt (vgl. Abb. 57):

- Prüfung der Vorleistungen (aus den Teilprozessen n-i),
- Eigenüberwachung⁵⁷ im Teilprozess n,
- Eigenabnahme⁵⁸ (Abnahme der eigenen Leistung) im Teilprozess n.

Die „Prüfung der Vorleistung“, durchgeführt im Teilprozess n, beinhaltet gleiche Prophylaxe-kriterien wie die „Eigenabnahmen“ durchgeführt in den Vorgängerprozessen (Teilprozesse n-i). (vgl. Abb. 57)

Damit die Konformität der ausgeführten Leistungen mit den Prophylaxe-kriterien nachgewiesen werden kann, müssen dem Ausführenden die Ausführungsregeln bekannt sein.

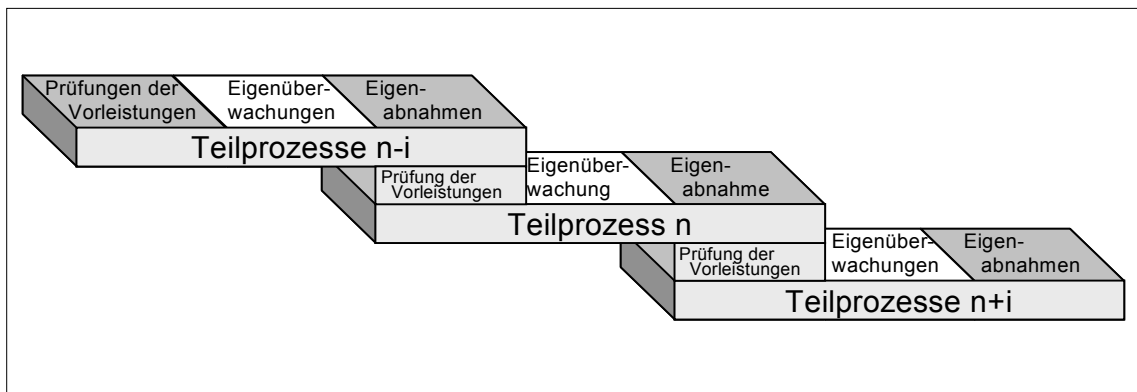


Abb. 57: Teilprozess-Analogie, Prinzipaufbau

Dem Ausführenden muss deshalb einfach und anwendungsnah die Möglichkeit geboten werden, auf die jeweiligen Ausführungsregeln und die „Allgemein anerkannten Regeln der Technik“ zuzugreifen. Im Entwicklungsstadium des Systems der „Helfenden Prüfungen“ erfolgt dies durch Hinterlegung der Prophylaxe-kriterien. Die Möglichkeit der Autodidaktik (vgl. Abschnitt 6.1) soll verbessert werden.

Identische Prophylaxe-kriterien werden in Abschnitt 6.5.4 beim „Automatischen Konformitäts-Check“ als Vergleichsbasis genutzt.

Ist die Bauausführung im Teilprozess n abgeschlossen, sind als Beweis für Bauqualität objektive Nachweise (vgl. Abschnitt 4.3.3) besonders der später verdeckten Leistungen erforderlich.

⁵⁷ Eigenüberwachung ist die baubegleitende Prüfung der Konformität durch den Ausführenden während des Herstellungsprozesses.

⁵⁸ Bei der Eigenabnahme wird eine technische Bauabnahme durch den Ausführenden bzw. Hersteller durchgeführt.

Sind diese Nachweise nicht vorhanden, können in nachfolgenden Teilprozessen $n+i$ zerstörende Prüfungen notwendig werden. Bei Mängelfeststellungen sind Nachbesserungen von Leistungen aus dem vorhergegangenen Teilprozess erforderlich. Diese Nachbesserungen haben unter Umständen den Rückbau von Leistungen zur Folge.

Am Beispiel Estricharbeiten soll das Prinzip der Eigenüberwachung veranschaulicht werden.

Die Ausführenden der Estricharbeiten (Teilprozess $n-1$) führen eine zerstörungsfreie „Eigenabnahme“ durch und prüfen z.B. die Ebenheit der Estrichoberfläche nach DIN 18202 [46].

Das Prüfergebnis wird dokumentiert und allen am Bau Beteiligten zugänglich gemacht. Liegt das Ergebnis außerhalb zulässiger (vereinbarter) Toleranzen sind Nachbesserungen erforderlich um die definierte Qualität zu erreichen.

Unter dem Druck dieser Transparenz werden die Ausführenden bemüht sein, eine fehlerfreie Leistung zu erbringen.

Nachfolgegewerke wie Fliesenleger müssen aufgrund ihrer Mitteilungspflicht (vgl. § 4 Nr. 3 VOB/B [80] und Abschnitt 3.5.1). die Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202 [46] im Rahmen der „Prüfungen der Vorleistungen“ erneut objektiv prüfen und dokumentieren. Bei nachgewiesener Überschreitung zulässiger Toleranzen sind ebenfalls Nachbesserungsarbeiten notwendig.

6.5.2 Automatische Mess- und Prüfdatenerfassung

Derzeit findet im System der „Helfenden Prüfungen“ ausschließlich die manuelle Prüfdatenerfassung statt.

Beispielsweise erfolgt der Nachweis der Ebenheit von Estrich manuell mit einer Wasserwaage oder einem rotierenden Laser (zur Festlegung der Bezugslinie) oder einem Messkeil (zur Bestimmung des maximalen Ist-Abstandes von einer Bezugslinie).

Die Objektivität muss durch eine transparente Dokumentation der Prüfergebnisse und automatische Vergleiche der Prüfergebnisse durch Gegenprüfungen (vgl. Abschnitt 4.3.3, Abb. 34) sichergestellt werden.

Der Begriff „Automatische Mess- und Prüfdatenerfassung“ beinhaltet, dass objektive Prüfungen automatisch an das Erfassungssystem übertragen werden (vgl. Abschnitt 4.3.3).

Beispielsweise werden Ebenheitsmessungen an Prüflingen der stationären Industrie mit automatischen berührungslosen Messgeräten durchgeführt. (vgl. OEG-Messtechnik [96])

Um eine höchstmögliche Objektivität der Prüfungen und nachweislich objektive Prüfergebnisse zu gewährleisten, müssen mittelfristig halbautomatische, langfristig vollautomatische Mess- und Prüfdatenerfassungen zum Einsatz kommen.

Unter Beachtung des Abschnitts 4.3 sind diese im System der „Helfenden Prüfungen“ zu definieren. (vgl. Spalte 11 der Tab. 9 und Tab. 10)

6.5.3 Transparente Datensicherung für alle am Bau Beteiligten

Im System der „Helfenden Prüfungen“ haben alle am Bau Beteiligten die Aufgabe, transparent Prüfungen zu dokumentieren.

Das System der „Helfenden Prüfungen“ soll auf der einen Seite allen am Bau Beteiligten die Informationsabfrage zur „Eigenüberwachung“ ermöglichen, auf der anderen Seite müssen diese die Möglichkeit haben, ihre Informationen zur Bauqualität ablegen zu können. Dies sollte über eine gemeinsame Plattform (vgl. Abschnitt 6.7.1) erfolgen.

Abb. 58 stellt das Flussdiagramm zur Prüfung durch unterschiedliche Prüfende (z.B. Ausführer, Baugrundgutachter und weitere Baubeteiligte) dar. Unterschiedliche Prüfergebnisse oder durch alle Beteiligten als „nicht erfüllt“ bewertete Prophylaxe Kriterien bewirken eine Fehlermeldung. Erst bei einheitlichen Prüfergebnissen „erfüllt“ oder „entfällt“ erfüllt das Bauteil die Vereinbarung.

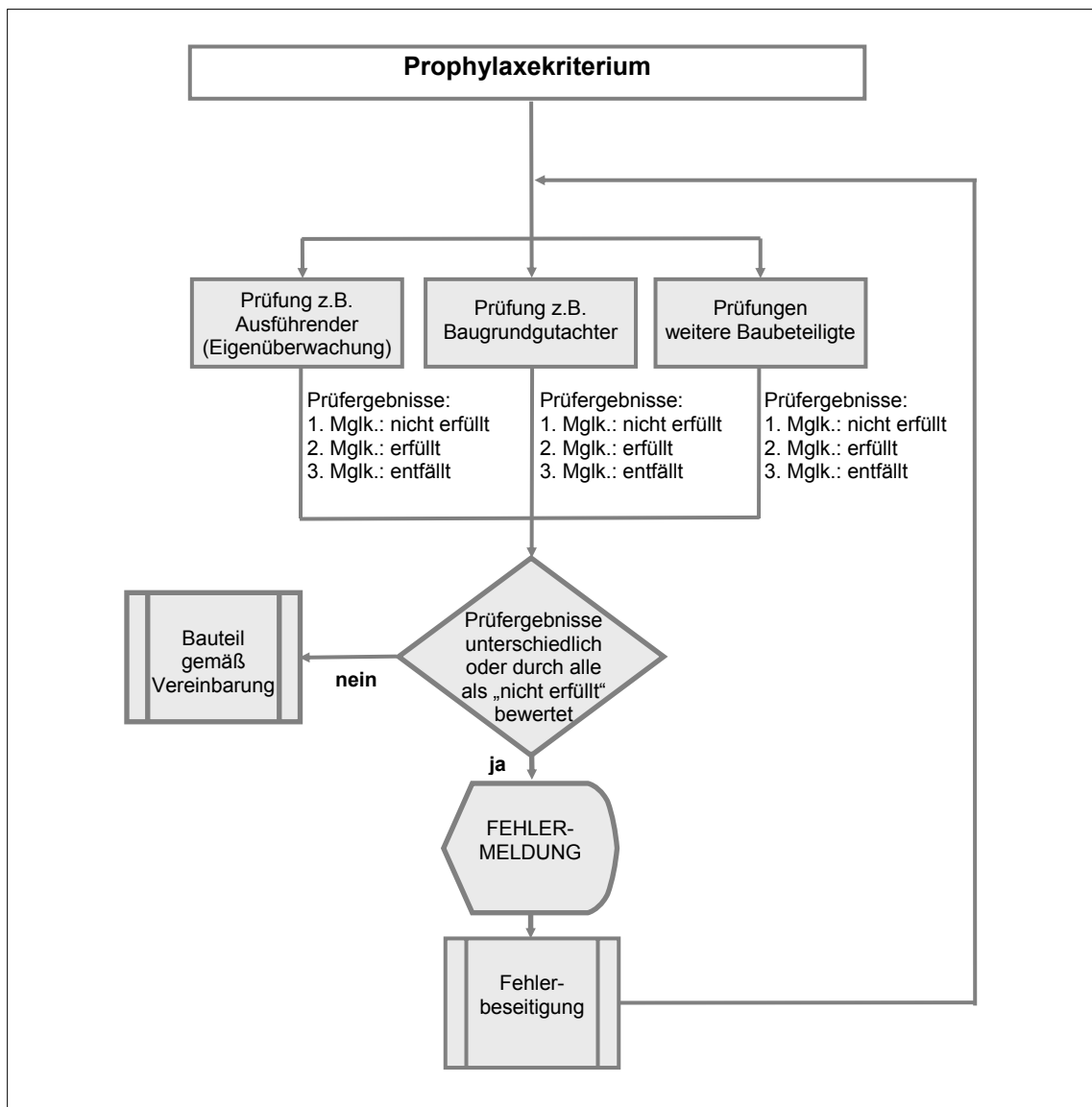


Abb. 58: Flussdiagramm zur Prüfung durch unterschiedliche Prüfende

6.5.4 Automatische Konformitäts-Check's

Der automatische Konformitäts-Check ist ein selbsttätiger, selbstregelnder und zwangsläufiger Konformitäts-Check. Er basiert auf der Bedenkenhinweispflicht. (vgl. Abschnitt 3.5.1) Der Konformitäts-Check ist Teil der Verbesserung des „Vier-Augen-Prinzips“ und der Prüfungen (vgl. Abschnitt 6.1). Grundlage ist die im vorhergehenden Abschnitt erläuterte transparente Datensicherung für alle am Bau Beteiligten.

Prüfdaten aus dem Teilprozess n werden nach Durchführung eines Soll-Ist Vergleiches und einer möglichen Fehlerbeseitigung (beides durch den Ausführenden) zentral in einer Datenbank abgelegt. (Abb. 59)

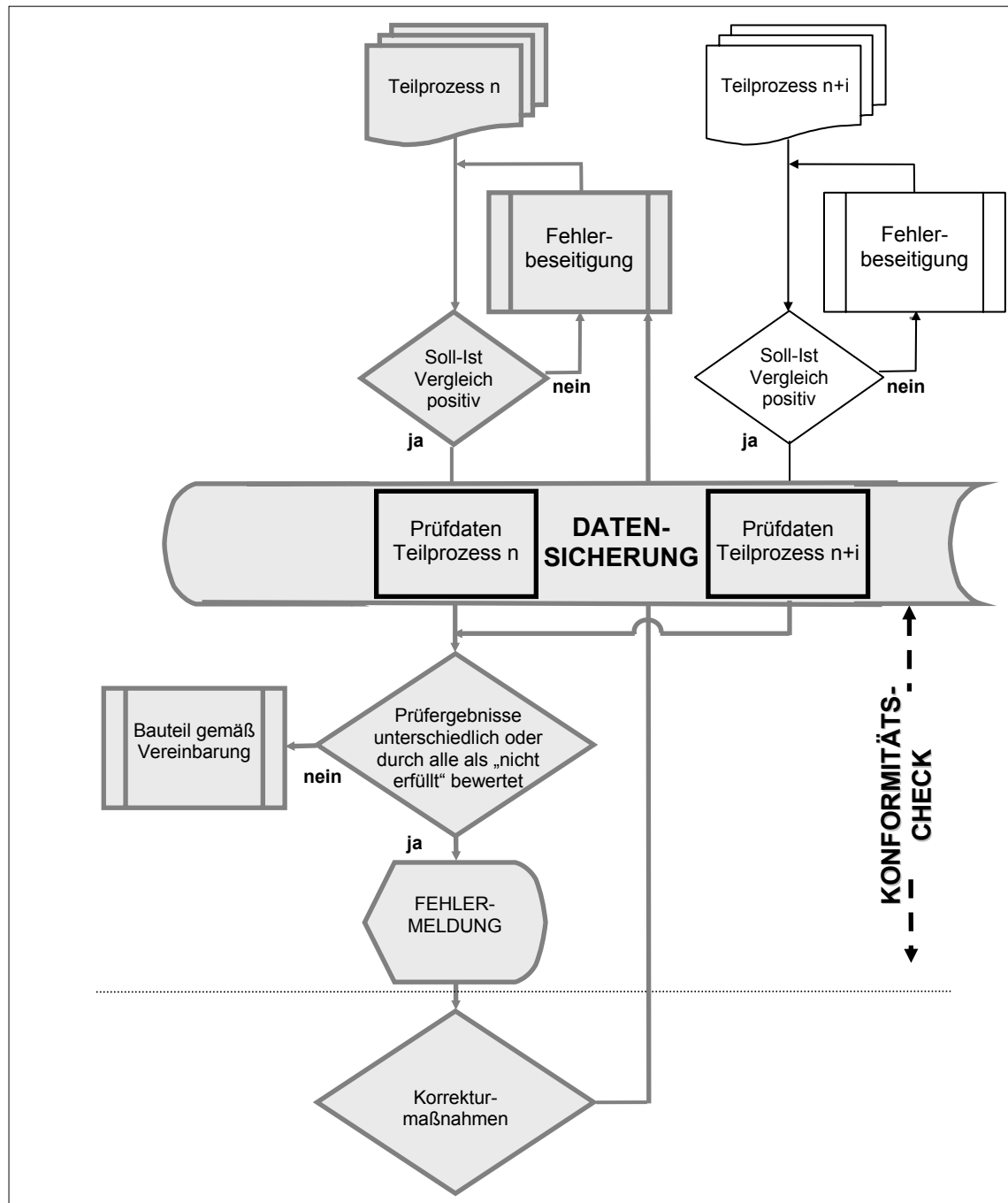


Abb. 59: Flussdiagramm zum automatischen Konformitäts-Check

Die Ergebnisse der „Prüfungen der Vorleistungen“ zum Teilprozess n (nicht erfüllt/erfüllt/entfällt) werden durch den automatischen Konformitäts-Check mit den Ergebnissen identischer Prüfungen der „Eigenabnahme“ vorheriger Teilprozesse n-i (nicht erfüllt/erfüllt/entfällt) abgeglichen.

Die Überlagerung gleicher Prüfungen in unterschiedlichen Teilprozessen ermöglicht Rückschlüsse auf fehlerhafte Bauleistungen. Bei unterschiedlichen Prüfergebnissen oder bei einer einheitlichen Bewertung „nicht erfüllt“ erfolgt automatisch eine Information (Fehlermeldung) an den Bauleiter und die Bauüberwachung. Folge ist die Einleitung entsprechender Korrekturmaßnahmen.

Erst wenn alle Prüfungen als „erfüllt“ bewertet werden, ist der Teilprozess abgeschlossen. Das jeweilige Prophylaxe-kriterium kann entsprechend mehrere „Schleifen“ durchlaufen.

6.5.5 Prüfungen durch den Bauleiter

Das Ausmaß der Prüfungen durch den Bauleiter hängt vor allem von der Bedeutung und Schwierigkeit des jeweiligen Bauteils ab. Bei handwerklichen Selbstverständlichkeiten trifft den Bauleiter keine Prüfungspflicht. Nur Handwerksleistungen, die regelmäßig mit einer hohen Fehlerquote verbunden sind oder besonders wichtige Bauabschnitte betreffen, sind bei der Ausführung zu überwachen oder nach ihrer Fertigstellung zu kontrollieren. (vgl. Urteil des OLG Naumburg vom 26.11.2002 [95])

Nachweise zur Ausführung und zum Umfang seiner Kontrollen sind zu erbringen [95] und Teil des Systems der „Helfenden Prüfungen“.

Im Rahmen der „Eigenüberwachung“ (vgl. Abschnitt 6.5.1) werden Informationen in einer Datenbank abgelegt. (vgl. Abb. 60) Durch automatische Konformitäts-Check's (vgl. Abschnitt 6.5.4, Abb. 59) entdeckte unterschiedliche Prüfergebnisse bewirken programmgesteuerte Informationen (Fehlermeldungen) an den Bauleiter und die Bauüberwachung.

Der Bauleiter hat, auch hier transparent für alle Beteiligten, die Korrekturmaßnahmen zur Fehlerbeseitigung zu veranlassen. Anschließend wird die „Schleife“ im Flussdiagramm zur „Prüfung Bauleiter“ und „Kontrolle Bauüberwachung“ (vgl. Abb. 60) erneut durchlaufen. Die Beseitigung wird im System vermerkt und dokumentiert.

Die Kontrolle der Fehlerbeseitigung ist Aufgabe der „Kontrolle durch die Bauüberwachung“ (vgl. Abb. 60).

6.5.6 Kontrolle durch die Bauüberwachung

Die Hierarchiestufe „Kontrolle durch die Bauüberwachung“ steht in der Organisationshierarchie über der Hierarchiestufe „Prüfungen der Bauleiter“.

Durch den „Automatischen Konformitäts-Check“ werden Fehler entdeckt. Analog zu den „Prüfungen der Bauleiter“ erfolgen automatische Fehlermeldungen an die Bauüberwachung. Die Bauüberwachung kann bei ihren Kontrollen ebenfalls auf alle Informationen im System zugreifen.

Sie ist berechtigt, Fehlermeldungen der automatischen Konformitäts-Check's (vgl. Abschnitt 6.5.4) für alle am Bau Beteiligten nachvollziehbar durch einen Systemeingriff (Abb. 60) zu überschreiben.

Gründe dafür sind:

- Forderungen des Auftraggebers, welche Änderungen der Bauqualität zur Folge haben,
- gemeinsame Erfassung⁵⁹ der Ausführungsqualität durch die jeweils Betroffenen und Akzeptanz der Leistung durch den Auftraggeber/Bauherrn bei Mängeln oder unverhältnismäßig hohen Aufwendungen zur Mangelbeseitigung (vgl. OSWALD [99]).

Ist die vereinbarte Leistungsbeschaffenheit nicht vorhanden, muss eine Fehlerinformation der „Kontrolle durch die Bauüberwachung“ über die „Prüfung durch den Bauleiter“ an die Ausführenden („Eigenüberwachung“) erfolgen.

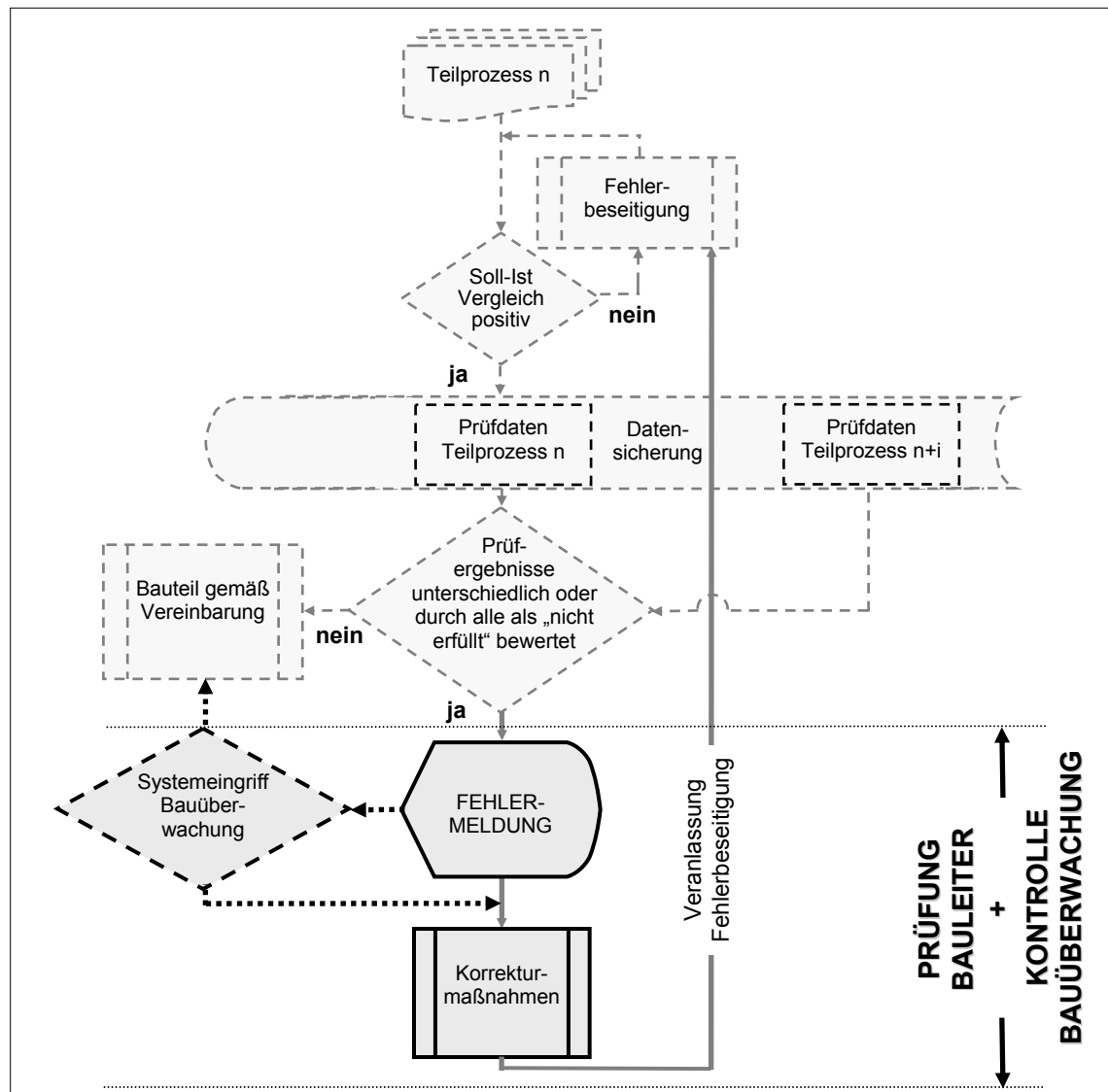


Abb. 60: Flussdiagramm zu den Hierarchiestufen „Prüfung Bauleiter“ und „Kontrolle Bauüberwachung“

⁵⁹ Die Erfassung erfolgt zu den Informations- und Haltepunkten (vgl. Abschnitt 4.4.3)

6.6 Das Gesamtsystem

Nachstehende Abbildung beinhaltet die Synthese der 6 Hierarchiestufen im System der „Helfenden Prüfungen“.

In Abschnitt 6.7 erfolgt die Verifizierung anhand eines baubetrieblichen Kommunikationsmodells.

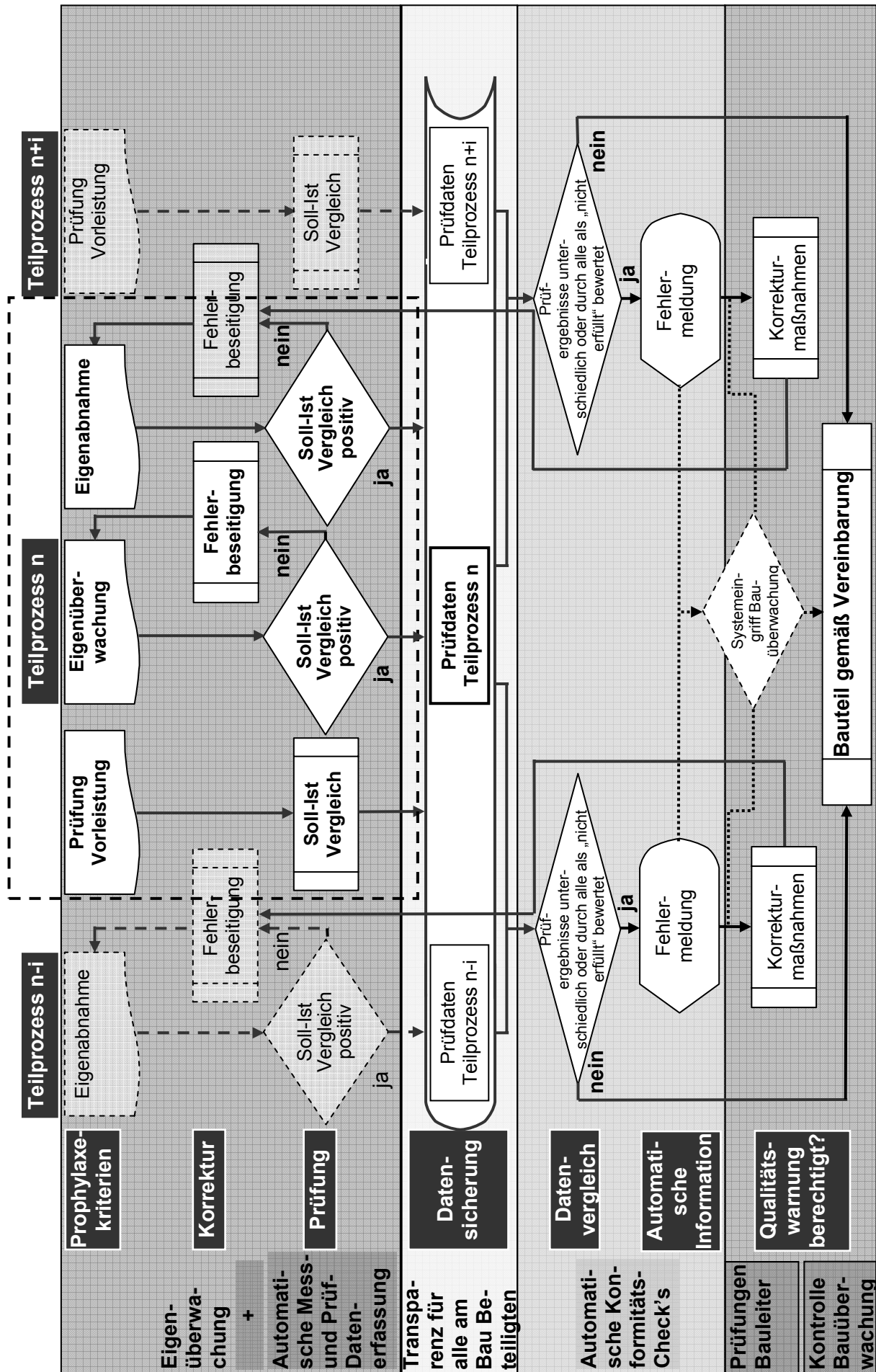


Abb. 61: Synthese der Hierarchiestufen im System der „Helfenden Prüfungen“

6.7 Das baubetriebliche Kommunikationsmodell

6.7.1 Grundmodell einer interaktiven Plattform

Mit der Entwicklung mobiler und robuster Informationstechnologien [117] wird es möglich, eine kontinuierlichere Qualitätsüberwachung während des Bauablaufes durchzuführen.

Durch PFUHL [103] wurde untermauert, welche Datenerfassungssysteme für eine interaktive Plattform im Bauwesen geeignet sein können.

Die Ausführenden auf der Baustelle könnten nach PFUHL und BRÜDERN [25] entsprechend Abb. 62 durch mobile Hard- und Softwarekomponenten, bestehend aus

1. Terminal Server und Datenbank,
2. Handheld mit Wireless LAN,
3. Computer-Arbeitsplätzen der am Bau Beteiligten,
4. sowie den Konformitäts-Check's.

unterstützt werden.

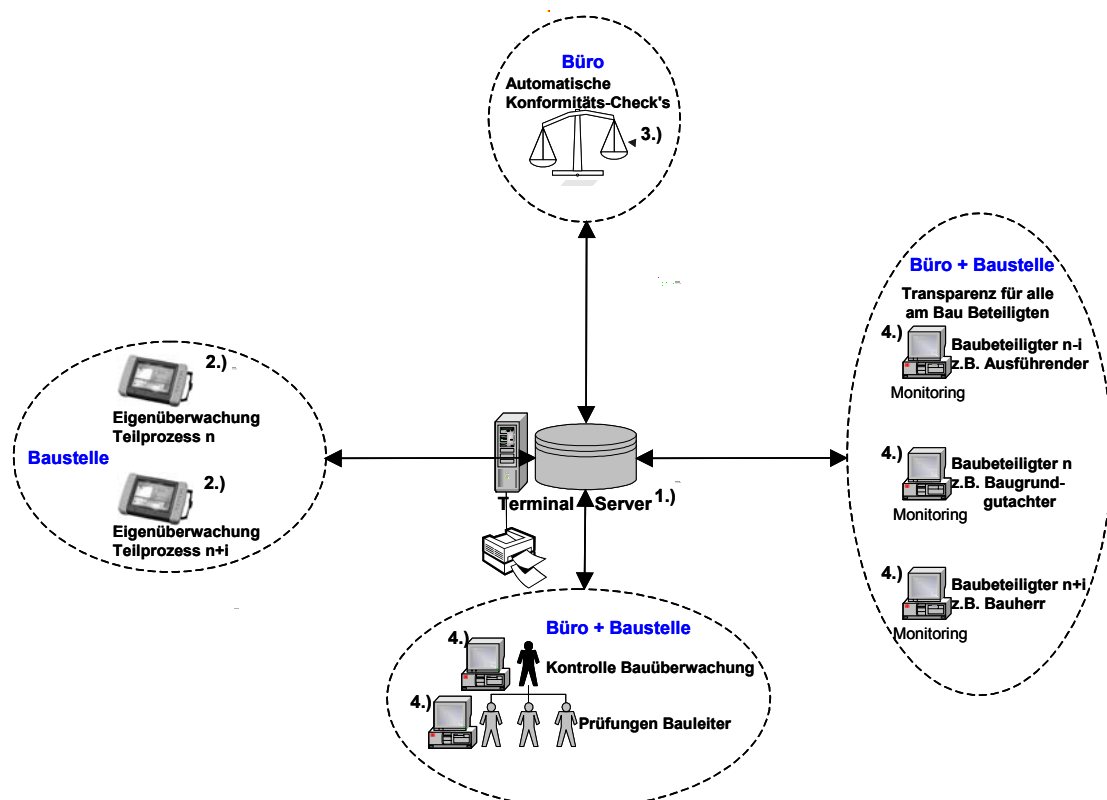


Abb. 62: Grundmodell einer interaktiven Plattform

Das drahtlose Netzwerk (Wireless LAN) ermöglicht die Übertragung signierter Daten zum Terminal Server. Über diesen erfolgt der Zugriff der Berechtigten auf das System der „Helfenden Prüfungen“.

Für die Entwicklung und den Test des Systems der „Helfenden Prüfungen“ wird von BRÜDERN [25] das in Abb. 63 dargestellte Kommunikationsmodell angewendet.

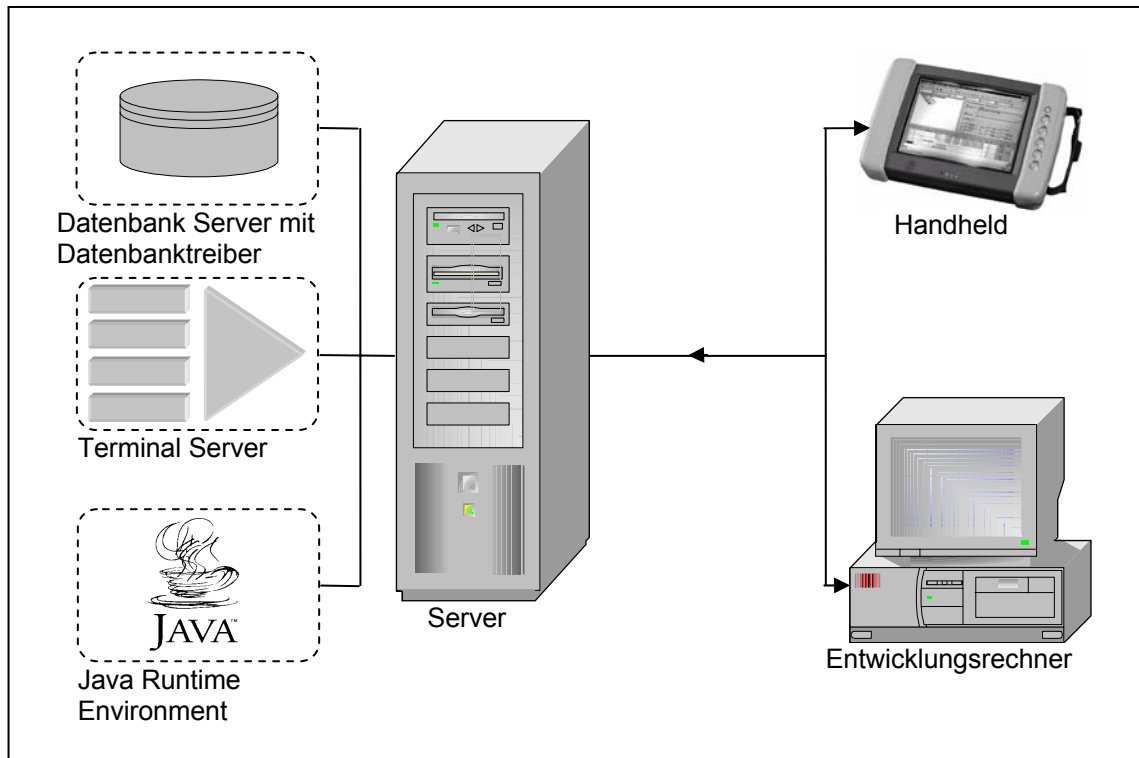


Abb. 63: Kommunikationsmodell zum System der „Helfenden Prüfungen“

Die derzeit vom Verfasser initiierte, im Entwurfsstadium befindliche Software [25], bewirkt die vergleichende Prüfung und Dokumentation anhand der Prophylaxe-kriterien (vgl. Abschnitt 6.4).

Die Übertragung von Daten erfolgt für Versuchszwecke noch über ein kabelgebundenes Netzwerk.

6.7.2 Terminal Server und Datenbank

Durch PFUHL [103] und BRÜDERN [25] wurde unter Anleitung des Verfassers die Verifizierung des System der „Helfenden Prüfungen“ durchgeführt.

Das Versuchsprogramm wird in diesem und in den folgenden 3 Abschnitten aufgegriffen und modifiziert.

Auf dem Server wird zu Versuchszwecken das Microsoft Betriebssystem „Windows 2000 Advanced Server“ eingesetzt.

Die zentrale Speicherung der Daten und Verwaltung der Daten übernimmt ein Zentralrechner. Auf diesem werden die Berechtigungen und Signaturen der am Bau Beteiligten hinterlegt.

Für die Verwaltung der Daten wurde das Datenbanksystem MySQL-Database 3.23.49NT auf dem Server installiert.

Im Versuchsrahmen gliedert sich die Datenbankstruktur in zwei Teile.

Der erste Teil beinhaltet folgende Tabellen (vgl. Abb. 64):

- „personentabelle“,
- „firimmentabelle“,
- „teilprozesstabelle“,
- „raumkriterienbeziehung“,
- „beziehungstabelle“,
- „raumtabelle“,
- „kriterientabelle“ und die
- „regeltabelle“.

Diese Tabellen müssen vor Baubeginn an das Vorhaben angepasst werden.

Die „personentabelle“ dient der Zuweisung von Zugriffsrechten (Informationen zum Nutzer und Login-Name).

In der „firimmentabelle“ werden die Daten aus der „personentabelle“ und der „teilprozesstabelle“ zugewiesen. Die „teilprozesstabelle“ stellt die Beziehung zwischen Teilprozess und der ausführenden Firma her.

Durch die „raumkriterienbeziehung“ erfolgt versuchsshalber die Festlegung der Beziehungen zwischen den Räumen (Bereichen) und den zugehörigen Prophylaxe-kriterien.

Die RaumID⁶⁰ aus der „raumtabelle“ und die passende KritID aus der „kriterientabelle“ werden in den Datensatz „raumkriterienbeziehung“ geschrieben.

In der „beziehungstabelle“ werden den Bauleistungen die Teilprozesse zugeordnet und definiert, welche Teilprozesse n+i geprüft werden sollen. In einem Datensatz wird deshalb die Beziehung zwischen Teilprozess (durch die TeilproID) und einem Prophylaxe-kriterium (durch die RaKriID) hergestellt. Durch PrimKrit „Y“ wird festgelegt, ob eine Beziehung eine Primärbeziehung (output nach Abb. 55 in Abschnitt 6.4.1) ist.

Eine Primärbeziehung ist verbunden mit einem Prophylaxe-kriterium, das als Prüfung der „Eigenabnahme“ (vgl. Abschnitt 6.5.1) des Teilprozesses n geprüft wird.

Im Konformitäts-Check (vgl. Abschnitt 6.5.4) wird durch die Primärbeziehung das Prüfergebnis als „Eigenabnahme“ erkannt. Damit werden die entsprechenden Prüfergebnisse im Teilprozesse n+i verglichen.

Diese Beziehungen besitzen gleiche RaKriID. Die TeilproID ist den Teilprozessen n+i zugehörig.

In der Spalte PrimKrit steht dabei der Eintrag „N“, für input (vgl. Abschnitt 6.4.1, Abb. 55).

Die „regeltabelle“ dient der Zuweisung von Ausführungsregeln zu den Prophylaxe-kriterien.

⁶⁰ ID = engl., identification

Der zweite Teil besteht aus Tabellen, welche im Zuge des Baufortschritts Informationsdaten erhalten. Hierbei handelt es sich (vgl. Abb. 63) um die:

- „auswertungstabelle“,
- „bildertabelle“,
- „barcodetabelle“ und die
- „konformitätstabelle“.

In der „auswertungstabelle“ werden die Prüfergebnisse und die zugeordneten Kommentare gespeichert. Als Nachweis der Daten dienen automatisch das Erfassungsdatum, die Daten zum Prüfer, die Bildinformationen, ggf. die Barcodes und die Zuordnung der Beziehung zwischen Teilprozess und Kriterium durch die „BezID“ in der „beziehungstabelle“.

Notwendige digitale Bildinformationen werden in der „bildertabelle“ erfasst.

Die Daten des Barcodescannereinsatzes dienen zur halbautomatischen Prüfdatenerfassung (vgl. Abschnitt 4.3.3) und werden in der „barcodetabelle“ gespeichert.

Da der Konformitäts-Check (vgl. Abschnitt 6.5.4) automatisch durchgeführt wird, sind die notwendigen Informationen in der „konformitätstabelle“ zwischenzuspeichern. In dieser Tabelle werden AuswertID's mit unterschiedlichen Prüfergebnissen, aber gleichen Prophylaxe-kriterien gesichert. In der Spalte AuswertIDOutput werden AuswertID's gespeichert, deren Beziehung in der „Beziehungstabelle“ ein „Y“ in der Spalte Primkrit besitzen, d.h. output sind. In der AuswertIDInput-Spalte werden die AuswertID's von den dazugehörigen Input-Beziehungen gespeichert.

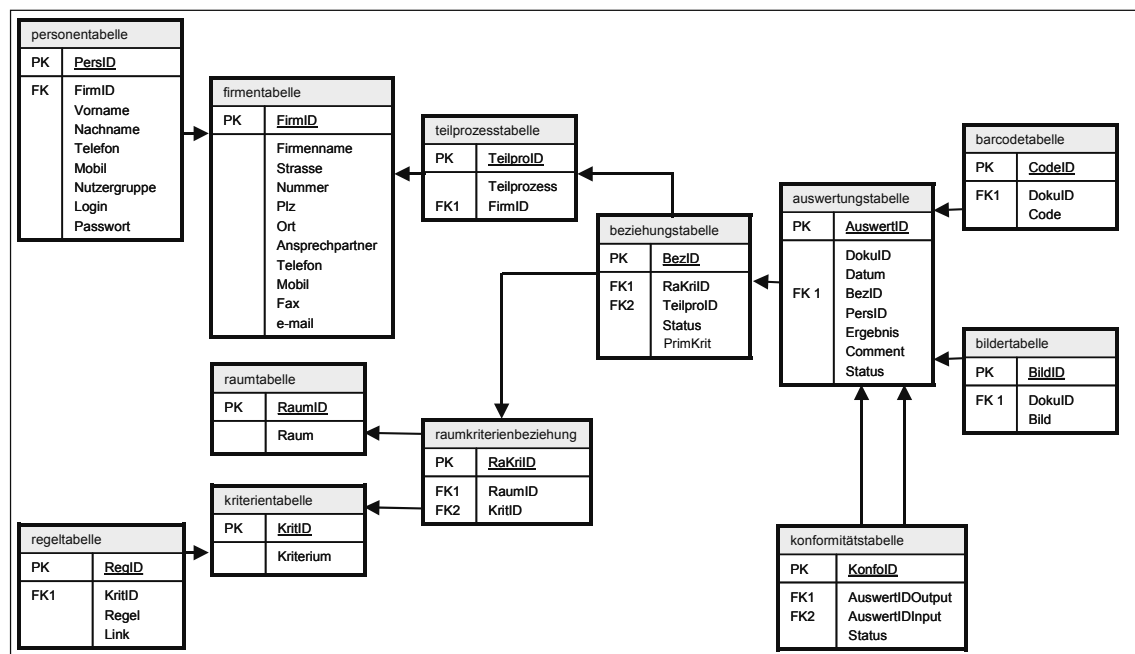


Abb. 64: Datenbankstruktur

Die Richtung der Pfeile zeigt auf den Datenbestand, dem die Daten zugewiesen werden. Diese Zuweisung wird über die Primärschlüssel (PK) und die Fremdschlüssel (FK) erreicht.

6.7.3 Handheld mit Wireless LAN

Ergebnis der Studie von PFUHL [103] ist, dass robuste mobile Terminals (Kommunikatoren) bzw. PDAs (personal digital assistants) am besten geeignet sind zur praktischen Umsetzung des Systems.

Die Versuche wurden mit dem Gerät SIEMENS®mobic [117] und dem Betriebssystem Windows CE, Version 3.0 durchgeführt.

Wesentliche Gründe sind:

- Anwendung im drahtlosen Netzwerk auf einer Baustelle
- der berührungsempfindliche Bildschirm (Touchscreen).

Beim Design der Benutzeroberfläche wurden berücksichtigt:

- Schrift in gebrauchsfähiger Lesbarkeit und
- Anpassung der Bedienung (Button) an den Fingergebrauch.

Als Programmiersprache dient Java Version 1.3.

Die Verwendung einer Digitalkamera und eines Barcodescanner ist Teil der Dokumentation und Prüfdatenerfassung.

6.7.4 Computerarbeitsplätze der am Bau Beteiligten

Eine Zuordnung der am System der „Helfenden Prüfungen“ Beteiligten Computerarbeitsplätze wurde nach ihren Aufgaben wie folgt festgelegt:

- Nutzergruppe ID⁶¹: 1: „alle am Bau Beteiligten“,
- Nutzergruppe ID: 2: „Ausführende“ (Eigenüberwachung),
- Nutzergruppe ID: 3: „Bauleitung“ (Prüfung),
- Nutzergruppe ID: 4: „Bauüberwachung“ (Kontrolle).

Durch ein Login authentifizieren sich die Nutzer und werden der jeweiligen Nutzergruppe zugeordnet. Sie erhalten die persönliche „PersID“ aus der „personentabelle“.

Die derzeitige Verifizierung des Systems der „Helfenden Prüfungen“ beschränkt sich auf Laborbedingungen.

Nutzergruppe ID: 1: „alle am Bau Beteiligten“

Der Transparenzanspruch, den das System der „Helfenden Prüfungen“ hat, bezieht sich auf alle am Bau Beteiligten.

⁶¹ Die am Bau Beteiligten werden in der Datenbankstruktur (vgl. Abb. 64) diesen Nutzergruppen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt als ID in der „personentabelle“ der Datenbank.

Die Nutzergruppe ID: 1 erhält im baubetrieblichen Kommunikationsmodell die Möglichkeit, alle Prüfergebnisse und Dokumentationen einzusehen. Diese werden in chronologischer Reihenfolge mit folgenden Informationen angezeigt:

- Datum der Prüfung
- Ort der Prüfung
- Name des Prüfers
- geprüfter Teilprozess
- einzuhaltendes Prophylaxe-kriterium
- Prüfergebnis
- Kommentar des Prüfenden zum Prüfergebnis
- Dokumentationen (Foto's, Barcode).

Aktuelle Informationen zur Bauqualität sind jederzeit ausdrückbar.

Vorgesehen ist die direkte Einflussnahme auf das System durch alle „am Bau Beteiligten“. Diese erfolgt durch die Positionierung der Prüfentscheidung („ja“/„nein“/„entfällt“) nach Abbildung Abb. 65 und einen entsprechenden Kommentar.

Nr.		ja	nein	entfällt	
Prüfung der Vorleistung					
1	Prophylaxe-kriterium 1				erfüllt
2	Prophylaxe-kriterium 2				erfüllt
3+n	Prophylaxe-kriterium 3+n				erfüllt
Prüfung der eigenen Leistungen					
...	Prophylaxe-kriterium n+1				erfüllt
...	Prophylaxe-kriterium n+i				erfüllt
...	Prophylaxe-kriterium				erfüllt
...	Prophylaxe-kriterium				nicht erfüllt
...	Prophylaxe-kriterium				erfüllt
...	Prophylaxe-kriterium				erfüllt
Eigenabnahme					
...	Prophylaxe-kriterium i+1				erfüllt
...	Prophylaxe-kriterium i+....				nicht erfüllt

Legende:

- Eigenüberwachung Ausführende
 Prüfung durch Beteiligten n+1 (z.B. Statiker)
- Prüfung durch Beteiligten n (z.B. Bauherr)
 Prüfung durch Beteiligten n+i

Abb. 65: Vernetzung der Prüfungen

Im Fall „nicht erfüllt“ ist eine Begründung Voraussetzung für die Akzeptanz durch das System. Bei differierenden Prüfergebnissen (vgl. Abschnitt 6.5.4) ist die Konformität nicht gegeben. Bei Qualitätsabweichung erfolgt im Auftrag der Bauleitung die Ein-

leitung von Korrekturmaßnahmen. Nach einer Nachbesserung ist die Prüfschleife, einschließlich der Prüfdatenerfassung und der Dokumentation, nochmals abzuarbeiten.

Im baubetrieblichen Kommunikationsmodell können Prüfergebnisse über eine Suchfunktion gefunden werden. Als Suchkriterien werden (ggf. als Kombination) der Teilprozess, der Raum (Bereich) oder die Zeitspanne eingegeben.

Nutzergruppe ID: 2: „Ausführende“ (Eigenüberwachung).

Nach der Anmeldung des „Ausführenden“ erfolgt durch das Programm die Zuordnung des Teilprozesses.

Diese ist bereits in der „beziehungstabelle“ der Datenbank (vgl. Abschnitt 6.7.2) gespeichert.

Exemplarisch mussten in der Testphase vor Baubeginn folgende Daten aufgenommen werden (vgl. BRÜDERN [25]):

- Prüfungen der Vorleistungen: RaKriID → Kriterium von Teilprozess n;
TeilproID → Teilprozess n;
PrimKrit → „N“
- Eigenüberwachungen: RaKriID → Kriterium von Teilprozess n;
TeilproID → Teilprozess n;
PrimKrit → „N“
- Eigenabnahmen: RaKriID → Kriterium von Teilprozess n;
TeilproID → Teilprozess n;
PrimKrit → „Y“

Die Einstellung in der Spalte „PrimKrit“ der „beziehungstabelle“ (Abb. 64) mit „Y“ oder „N“ richtet sich danach, ob das Prophylaxe-kriterium Teil der Eigenabnahme ist. In diesem Fall erfolgt die Kennzeichnung mit „Y“ bzw. output des Teilprozesses n.

Anderenfalls erfolgt die Kennzeichnung mit „N“ bzw. input des Teilprozesses n+i. (vgl. Abb. 55 in Abschnitt 6.4.1)

Auf der Benutzeroberfläche werden dem „Ausführenden“ die Prophylaxe-kriterien angezeigt. Zusätzlich erhält er die Möglichkeit Informationen dazu, z.B. zu den Ausführungsregeln, abfragen zu können.

Als Antworten des Vergleiches zwischen Prophylaxe-kriterien und tatsächlicher Ausführung werden dem Ausführenden folgende Möglichkeiten vorgegeben:

- JA (Prophylaxe-kriterium erfüllt)
- NEIN (Prophylaxe-kriterium nicht erfüllt)
- ENTFÄLLT (Prophylaxe-kriterium nicht zutreffend).

Nach signierter Bestätigung der Prüfung durch den „Ausführenden“ werden folgende Werte in der „auswertungstabelle“ der Datenbank gespeichert:

- AuswertID: automatisch fortlaufende Nummer des Prüfungsergebnisses
- DokulD: eindeutige ID (zur Zuordnung der Prüfergebnisse und Dokumentationen)
- Datum: Datum und Uhrzeit der Prüfung
- BezID: zur Zuordnung des Teilprozesses, der Räumlichkeit und des Prophylaxe criteriums
- PersID: zur Identifikation des Mitarbeiters/Prüfers
- Ergebnis: Prüfergebnis (JA, NEIN, ENTFÄLLT)
- Status: Prüfstatus für den Konformitäts-Check, wird standardmäßig auf „Y“, d.h. „prüfen“ gesetzt

In der „beziehungstabelle“ wird der Prüfstatus von „Y“ auf „N“ d.h. „geprüft“ gesetzt. Dadurch wird das Prophylaxe criterium als geprüft gekennzeichnet. Eine nochmalige Prüfung im gleichen Teilprozess erfolgt nicht.

Nach der Bestätigung seines Prüfergebnisses hat der „Ausführende“ den Nachweis und die Dokumentation zu erbringen. Zu Versuchszwecken erfolgte der Einsatz von Barcodescanner und digitaler Bilddokumentation.

Nutzergruppe ID: 3: „Bauleitung“ (Prüfung)

Die sich für den „Bauleiter“ öffnende Benutzeroberfläche ermöglicht ihm die Teilnahme am Netz der Prüfungen.

Bei voneinander abweichenden Prüfergebnissen trotz gleicher Prophylaxe criterien und gleicher Teilprozesse in gleichen Räumen erfolgt eine Fehlermeldung an die Bauleitung.

Im baubetrieblichen Kommunikationsmodell erfolgt die Feststellung dieser unterschiedlichen Prüfergebnisse durch den automatischen Konformitäts-Check's (vgl. Abschnitte 6.5.4 und 6.7.5).

Im Auswahlfeld „Fehlerhafter Teilprozess“ werden dem „Bauleiter“ alle Teilprozesse aufgeführt, bei denen solche Fehlermeldungen festgestellt wurden.

Mittels Markierung eines Teilprozesses werden alle mit ihm zusammenhängenden Prüfergebnisse gesucht und einschließlich der Prophylaxe criterien angezeigt. Über die Auswahl eines bestimmten Raumes werden die Ergebnisse raumspezifisch gefiltert. Die Gegenüberstellung der Prüfergebnisse der Prüfungen des betrachteten Teilprozesses mit den Ergebnissen anderer Teilprozesse ist möglich.

Durch die Programmfunktion „Korrektur“ fordert der „Bauleiter“ den Ausführenden im jeweiligen Teilprozess auf, die gleichzeitig automatisch gekennzeichneten Qualitätsabweichungen zu beseitigen. Die Prophylaxe criterien werden in der „beziehungstabelle“ automatisch in den Prüfstatus „Y“ d.h. „prüfen“ zurückgesetzt.

Ein erneuter Konformitäts-Check erfolgt erst nach Behebung der Qualitätsabweichungen.

In der „auswertungstabelle“ werden die Prüfergebnisse einschließlich der Kommentare, dem Datum, der Uhrzeit und dem Namen des Prüfenden ergänzt.

Ausführungsregeln zum jeweiligen Prophylaxe-kriterium und Informationsquellen sind über die entsprechende Programmfunktion aufzurufen.

Um ein mangelfreies Bauwerk/Bauteil zu erzielen, erfolgt durch den „Bauleiter“ erst nach Beseitigung aller Qualitätsabweichungen die Betätigung über eine entsprechende Programmfunktion.

Nutzergruppe ID: 4: „Bauüberwachung“ (Kontrolle).

Ähnlich der Nutzergruppe „Bauleitung“ (Prüfung) meldet sich die Nutzergruppe „Bauüberwachung“ (Kontrolle) im System an.

Die „Bauüberwachung“ erhält gleiche Fehlermeldungen wie die Nutzergruppe ID: 3: „Bauleitung“ (Prüfung).

Die Korrekturmaßnahmen, eingeleitet durch den „Bauleiter“, können durch die „Bauüberwachung“ in jeder Prüfschleife verfolgt werden.

Zusätzlich hat die „Bauüberwachung“ nach Abschluss eines Teilprozesses zu bestätigen, dass die Prüfungen durch den „Bauleiter“ durchgeführt wurden und keine Qualitätsabweichungen vorliegen.

Wie bei der Eigenüberwachung der Ausführenden werden die Daten in der Datenbank gespeichert.

Anschließend kann durch die „Bauüberwachung“ die Dokumentation der Prüfungen vervollständigt werden.

Bei Betätigung des „Button“ (für die entsprechende Programmfunktion) besteht die Möglichkeit alle mit einem Teilprozess zusammenhängenden Prüfergebnisse (einschließlich der Prophylaxe-kriterien) zu finden.

Genau wie bei der Nutzergruppe ID: 3: „Bauleitung“ können durch die Auswahl eines bestimmten Raumes (Bereiches) die Ergebnisse raumspezifisch gefiltert werden. Die Gegenüberstellung der Prüfergebnisse des betrachteten Teilprozesses mit den Ergebnissen anderer Teilprozesse kann erfolgen.

Sollten einzelne Prophylaxe-kriterien vereinbarter Meilensteine nicht erfüllt sein, erfolgen durch die „Bauüberwachung“ Informationen an den „Bauleiter“.

Ein signierter Systemeingriff in die automatische Prüfung kann nur durch die „Bauüberwachung“ (Kontrolle) erfolgen.

6.7.5 Konformitäts-Check's im Kommunikationsmodell

Verglichen werden Ergebnisse der „Eigenabnahme“ des Teilprozesses mit den „Prüfungen der Vorleistungen“ der folgenden Teilprozesse.

Im ersten Schritt wird als Teil des Kommunikationsmodells die „auswertungstabelle“ nach Prüfergebnissen durchsucht, die Prüfstatus „Prüfen“ besitzen und in der „beziehungstabelle“ als Primärkriterium (output) „Prüfen“ gekennzeichnet sind.

Im zweiten Schritt werden zu diesen Ergebnissen die Prüfergebnisse gesucht, denen dieselben Prophylaxe Kriterien und Räumlichkeiten zugrunde liegen.

Diese Ergebnisse müssen wie die „Output“-ergebnisse in der „auswertungstabelle“ den Prüfstatus „Prüfen“ besitzen. Die Inputergebnisse wurden als Prüfung der Vorleistungen in der Datenbank gespeichert.

Der dritte Schritt vergleicht die Ergebnisse aus output und input wie in Tab. 11 dargestellt:

Tab. 11: Signalmatrix Konformitäts-Check

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3
Prüfungsergebnis „Eigenabnahme“ (output)	Prüfungsergebnis „Prüfungen der Vorleistungen“ (Input)	Information an Bauleiter/Bauüberwachung
Ja	Ja	Nein
	Nein	Ja
	Entfällt	Nein
Nein	Ja ⁶²	Ja
	Nein ³²	Ja
	Entfällt ³²	Ja
entfällt	Ja	Nein
	Nein	Ja
	Entfällt	Nein

Bei Ergebniskonstellationen mit einem „ja“ in Spalte 3 erfolgen Fehlermeldungen an den Bauleiter/Bauüberwachung und die Veranlassungen von Fehlerbeseitigungsmaßnahmen. (vgl. Abb. 60)

Voraussetzung ist die Speicherung der „AuswertungsID's“ der unterschiedlichen Prüfergebnisse in der „konformitätstabelle“.

Diese Informationen dienen als Prüfgrundlage für die Nutzergruppen ID: 3: „Bauleitung“ (Prüfung) und ID: 4: „Bauüberwachung“ (Kontrolle).

Nach dem positiv ausgegangenen Vergleich der Prüfergebnisse wird der Prüfstatus der input-Ergebnisse als „geprüft“ gesetzt, um Doppelprüfungen und redundante Fehlermeldungen zu vermeiden.

⁶² Die Programmierung kann auch in der Weise erfolgen, dass erst „ja“ als Prüfungsergebnis der „Eigenabnahme“ verlangt wird, bevor die „Prüfung der Vorleistung“ erfolgen kann.

Beispielhaft wurde im Teilprozess Mauerarbeiten mit „ja“ geprüft, ob ein geeigneter Untergrund für die Kelleraußenwandabdichtung ausgeführt wurde. Die Prüfung durch den folgenden Teilprozess Abdichtungsarbeiten beantwortete dieses Qualitätskriterium mit „nein“ und begründet diese Auffassung mit sachlichen Argumenten. Folge ist über die Fehlermeldung die Veranlassung der Fehlerbeseitigung.

6.8 Merkmale des Systems der „Helfenden Prüfungen“

Vorteil des Systems der „Helfenden Prüfungen“ gegenüber anderen Qualitätssicherungssystemen im Bauwesen ist mehr Vertrauen in die Qualität des Ausführungsprozesses zu generieren. Verdeckte Mängel zum Zeitpunkt der Bauabnahme werden vermieden.

Erreicht wird dies durch:

- ⇒ Qualifizierung über den Ansatz der Autodidaktik:
 - 1.) Signierung der Prüfinformationen mit dem Zwang zur Aktualisierung des Kenntnisstandes über allgemeine Qualitätsvorgaben,
 - 2.) ausführungsnaher Weiterbildung durch Zugriff auf Ausführungsregeln,
 - 3.) Überwindung sprachlicher Barrieren durch mehrsprachige Software.
- ⇒ Verbesserung des „Vier-Augen-Prinzip's“ durch modifizierte Eigenüberwachung, Vernetzung der Prüfungen, Transparenz und Anwendung moderner Informationstechnik. Somit:
 - 4.) Möglichkeit der Einbeziehung aller am Bau Beteiligten in die Qualitätssicherung durch transparente Dokumentation,
 - 5.) Förderung der Motivation und des Berufsstolzes des selbstverantwortlichen Mitarbeiters (vgl. ALGEDRI [2]),
 - 6.) Verringerung des Risikos der Fehlerentstehung,
 - 7.) frühzeitige Fehlererkennung am Arbeitsplatz,
 - 8.) frühzeitige Fehlerbehebung (vor allem an den durch den fortschreitenden Bauprozess später nicht zugänglichen Leistungen),
 - 9.) automatische Alarm-/Fehlermeldung,
 - 10.) gezielte Prüfungen durch den Bauleiter.
- ⇒ Einbeziehung der Ergebnisse externer/unternehmensinterner Bauschadenserfassung. Denn:
 - 11.) Die Erfassung und Auswertung von Bauschäden ist Grundlage für eine Qualitätssicherung.
 - 12.) Aus Fehlern anderer zu lernen schafft Vertrauen zwischen den am Bau Beteiligten.
 - 13.) Die Gruppierung von Prophylaxe Kriterien im Team fördert das Verständnis aller Beteiligten und ermöglicht wirtschaftliche Problemlösungen.

Prüfredundanz wird durch eine signierte Kennzeichnung der geprüften Leistungen und durch die programmtechnische Auslese der entsprechenden Prophylaxe Kriterien minimiert.

Nachteilig wirken sich folgende Punkte aus:

- Akzeptanz des Systems der „Helfenden Prüfungen“ durch die Ausführenden fehlt, wenn eine Systemeinführung im Bauunternehmen nicht die im Abschnitt 6.8 aufgeführten Vorteile für das Bauunternehmen und Folgen für den ausführenden Mitarbeiter klar herausstellt.
- Der Zeitabstand der Normalfolge vertraglicher Anordnungsbeziehungen⁶³ muss bei Einsatz eines Systems der „Helfenden Prüfungen“ zu einer Überlappung führen oder mindestens Null betragen. (vgl. DIN 69900 Netzplantechnik-Begriffe [56]) Nur so kann erreicht werden, dass unmittelbar nach Beendigung der Leistungen im Teilprozess n eine Übernahme in den Teilprozess n+1 erfolgt.

6.9 Potenzielle Anwendungsfelder für ein System der „Helfenden Prüfungen“

Die Anwendungsmöglichkeiten für ein System der „Helfenden Prüfungen“ erweitern die mit früheren Möglichkeiten der Qualitätssicherung in der Bauausführung abgedeckten Anwendungsfelder.

Der Einsatz ist damit interessant für:

- Generalunternehmer und bauausführende Firmen, die den Bauherren die zugesagte Bauqualität belegen müssen (vgl. u.a. Fertigstellungsbescheinigung nach § 641a BGB [28]),
- Investoren die gegenüber ihren Käufern eine ordnungsgemäße und technisch einwandfreie Bauqualität nachweisen wollen oder müssen,
- Unternehmen (z.B. Wohnungsbaugesellschaften) und Bauherren, welche die Sicherheit haben möchten, dass die in Auftrag gegebene Bauqualität mangelfrei geliefert wird,
- Banken und Bausparkassen, die sicher gehen wollen, dass die von ihnen finanzierten Immobilien ohne Baumängel fertiggestellt werden,
- Versicherungsgesellschaften, die Planer gegen Planungsfehler (Architekten-Haftpflichtversicherung) bzw. Bauherren gegen Ausführungsmängel (Garantieversicherung) versichern,
- Unternehmen, welche Zahlungseinbehalte des Auftraggebers für angebliche Mängel und die Aufwendungen ihrer Mängelbeseitigung reduzieren möchten,
- Bauunternehmen, die ihre Mitarbeiter dem Zwang zur Aktualisierung des Kenntnisstandes über allgemein einzuhaltende Qualitätsvorgaben aussetzen wollen,
- Generalunternehmer und bauausführende Firmen, die Qualität als Führungsgröße nutzen und Qualitätssicherung in der Bauausführung von ihren Mitar-

⁶³ In der Netzplantechnik quantifizierbare Abhängigkeit zwischen Ereignissen oder Vorgängen [56], in der vorliegenden Arbeit zwischen Teilprozessen

beitern und den Mitarbeitern der Subunternehmen (Ausführende, Poliere und Firmenbauleiter⁶⁴) verlangen,

- die Privatisierung öffentlicher Aufgaben und damit Gewährleistung der wirtschaftlich unabhängigen Stellung einer Qualitätssicherung. Entsprechend ist zu den ersten zwei Formen der Privatisierung (vgl. folgende Abbildung) in eine 3. Form der Privatisierung zu unterscheiden.

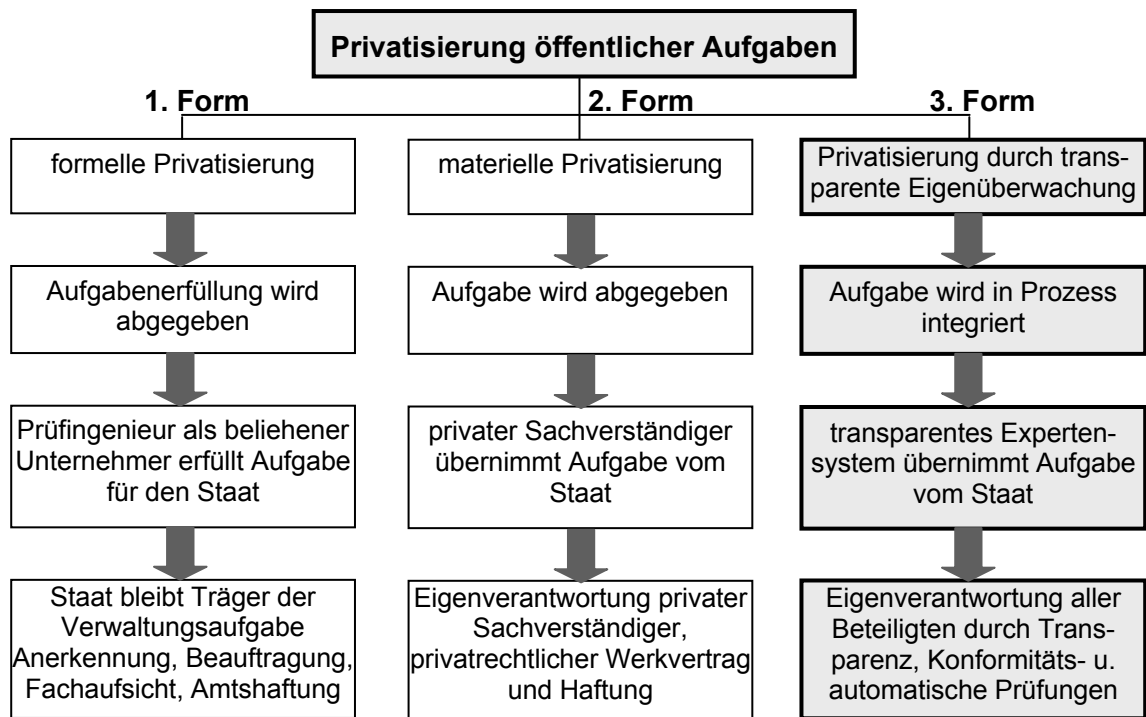


Abb. 66: Drei Formen der Privatisierung, in Ergänzung zu Wagner [125]

⁶⁴ Auf der Ausführungsseite ist der Bauleiter als Vertreter des Bauunternehmers der Firmenbauleiter. Wesentliche Aufgaben des Firmenbauleiters sind:

- Kontrolle der ordnungsgemäßen Baudurchführung,
- Garant gegenüber dem Bauunternehmer für den wirtschaftlichen Erfolg der Maßnahme.

(BRÜSSEL [26])

7 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Arbeit ist ein Beitrag zur Sicherung der Bauausführungsqualität durch neue Ansätze zur Interaktiven und interdisziplinären Verdichtung aller Prüfungen.

Anhand der Problemstellung wird nachgewiesen, dass die Brisanz der Qualitätssicherung in der Bauwirtschaft volkswirtschaftlich bedrohliche Ausmaße besitzt.

- Die Kosten zur Fehlerbehebung bei der Herstellung von Bauwerken betragen bis zu 12 % der Baukosten. Etwa 10 % der Bauleistungen entsprechen nicht den Erfordernissen.

Die Daten zu Baumängeln in der Literatur unterstreichen die Notwendigkeit und Dringlichkeit der Untersuchungen zur Qualitätssicherung. Sie führen zu den Feststellungen, dass

- die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse bisher sehr streuen und erhebliche Defizite aufweisen.

Sie geben dennoch hinweise darauf, dass

- der Anteil der Ausführungsfehler an den Ursachen von Baumängeln und Bauschäden (je nach Literaturquelle) 46 % - 59 % beträgt,
- die Sorglosigkeit der Ausführenden einen erheblichen Anteil an den Ursachen der Ausführungsfehler hat und
- der hohe Anteil an Ausführungsfehlern nach einem Qualitätssicherungssystem in der Bauausführung verlangt.

Die Besonderheiten der Bauproduktion haben Auswirkungen auf Qualitätssicherungssysteme in der Bauindustrie. Es ist festzustellen, dass

- es kein einheitliches deutsches oder europäisches Konzept der Qualitätssicherung im Bauwesen gibt,
- Diagnose-Werkzeuge nach der ISO 9000 im Bauwesen zur Feststellung einer mangelnden Übereinstimmung der geforderten Qualität mit der erreichten Qualität während der Bauausführung nicht unmittelbar anwendbar sind,
- es zu einer Verschmelzung des Planungs- und Bauausführungsprozesses kommt. Anforderungen aus dem Bauplanungsprozess (als Voraussetzung für eine Qualitätssicherung in der Bauausführung) sind nicht immer vordefiniert.
- derzeitige Systeme der baubegleitenden Qualitätssicherung gewährleisten nicht die Überwachung der Zufriedenheit interessierter Parteien. (vgl. DIN EN ISO 9001 [52])

Im Zuge der Analyse nutzbarer Systeme zur Verbesserung von Qualität ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Nutzbare Ansätze für Qualitätssicherungssysteme in der Bauausführung sind bereits in der Bauproduktenrichtlinie im Zusammenhang mit der Produktionskontrolle bei der Betonherstellung vorhanden.
- Die FMEA ist anwendbar zur Festlegung von Maßnahmen, die zur Vermeidung von Fehlern, Baumängeln und Bauschäden erforderlich sind.
- Qualitätssicherung allein aufbauend auf dem System der Fremdüberwachung weist erhebliche Defizite auf.
- Nachweisliche Objektivität der Prüfungen ist durch Transparenz im Prüfgeschehen, Anwendung automatischer Erfassungsarten, automatische Vergleiche der Prüfergebnisse, Kombinationen der vorgenannten Methoden sowie Akzeptanz der Prüfergebnisse durch alle am Bau Beteiligten zu erzielen.

Aktuelle eigene Untersuchungen zu Bauschäden in Kapitel 5 führen zu folgenden neuen Erkenntnissen:

- Eine Verbesserung der Bauqualität ist trotz Einführung von Qualitätsmanagementsystemen in den letzten Jahren nicht feststellbar. Die jährlichen Mängel-/Schadensbeseitigungskosten betragen auf der Grundlage der ausgewerteten Gutachten 4,1 % der Bauinvestitionen und liegen damit höher als die bisherigen Angaben der Bauschadensberichte der Bundesregierung.
- Die 4-jährige Verjährungsfrist für Mängelansprüche an Bauwerken nach VOB/C sollte der 5-jährigen Verjährungsfrist nach BGB angepasst werden.

Die genannten Analysen und eigenen Forschungsarbeiten ergaben folgende Verbesserungspotenziale der Qualitätssicherung in der Bauausführung:

- Verbesserung des „4-Augen-Prinzip's“
- Erfassung und Auswertung der Bauschäden
- Bauschadensprophylaxe in der Bauausführung
- Autodidaktik
- Transparenz sowie
- Verknüpfung der Prüfungen.

In Kapitel 6 wird aufbauend auf den vorgenannten Verbesserungspotenzialen ein System zur Qualitätssicherung in der Bauausführung aufgezeigt. Dieses wird als System der „Helfenden Prüfungen“ bezeichnet.

Grundbausteine sind die Anwendung der FMEA unter Berücksichtigung prozessspezifischer Erfahrungen sowie Prophylaxe Kriterien, hergeleitet aus Fehlern, Baumängeln und Bauschäden.

Das System der „Helfenden Prüfungen“ ist ein dynamisches System zur baubegleitenden Qualitätssicherung in der Bauausführung.

Es ermöglicht die Verkettung der Prüfungen verschiedener am Bau Beteiligter aufbauend auf einer Eigenüberwachung durch die Ausführenden. Automatische Vergleiche der Prüfergebnisse und die Transparenz des Systems schaffen mehr Vertrauen zwischen den am Bau Beteiligten.

Bei konsequenter Durchführung der abgestimmten Prüfverfahren kann nur ein aktueller Informations- und Wissensstand die Fortführung der Bauleistungen in den Teilprozessen ermöglichen.

Die Verifizierung des Systems der „Helfenden Prüfungen“ erfolgte als baubetriebliches Kommunikationsmodell.

8 AUSBLICK

Offene Probleme und Schlussfolgerungen für weiterführende Untersuchungen und Maßnahmen sind:

- Wenn das System der „Helfenden Prüfungen“ in der Baupraxis funktionieren soll, muss das baubetriebliche Kommunikationsmodell anwendungs- und baustellen-tauglich nach dem Stand der Technik weiterentwickelt werden.
- Die Untersuchungen zu Bauschäden waren nur auf Objekte im Freistaat Thüringen beschränkt.

Um die Datenmenge zu erhöhen und aufbauende Schadensanalysen durchführen zu können, ist eine systematische, bundesweite Erfassung von Baumängeln und Bauschäden zu realisieren.

- Zur Verbesserung des Systems sollten Ausführungsanweisungen entsprechend den in Eigenüberwachung zu prüfenden Bauteilen erstellt werden. Diese Modelle müssen dem Ausführenden auch visuell Ausführungsregeln vermitteln.
- Durch geeignete länderspezifische Anpassungen des Systems der „Helfenden Prüfungen“ (u.a. Sprache, Prophylaxe-kriterien) sind Kommunikationsbarrieren am Ort der Bauausführung zu überwinden.
- Rechensysteme der Netzplantechnik berücksichtigen Qualität und Kundenzufriedenheit unzureichend. Die Integration von qualitativen Einflussgrößen über das System der „Helfenden Prüfungen“ kann zur realitätsnaheren Beurteilung der Fertigstellungstermine führen. (vgl. Abschnitt 6.9)
- Untersuchungen in dieser Arbeit beschränkten sich auf den Einsatz des Systems der „Helfenden Prüfungen“ in der Bauausführung. Durch eine intensivere Einbindung des Planungsprozesses ist eine weitere Verbesserung möglich.
- Um Produktqualität im Prozess erzeugen zu können, sind weiterführende Untersuchungen zur vollautomatischen Prüfdatenerfassung, u.a. zu verlorenen Daten-gebern, wie beispielsweise passiven „Sensoren“, erforderlich.
- Mit einer standardisierten Beschreibung der Qualitätsmerkmale eines Bauteils/Bauwerks sind die Teilprozesse und die zugeordneten Prophylaxe-kriterien programmgesteuert automatisch an das Bauwerk anzupassen. (vgl. Endbericht „Dialog Bauqualität“ [123])
- Perspektivisch besteht die Möglichkeit, auf der Grundlage dieses Systems und einer dokumentierten Prozessqualität, eine elektronisch vorbereitete Fertigstellungsbescheinigung zu einzelnen Bauteilen und in Summe zum Bauwerk zu generieren.

ABKÜRZUNGEN

AA	Arbeitsanweisung
aRdT	Anerkannte Regeln der Technik
AIA	Architekt-Ingenieur-Assekuranz GmbH
AG	Auftraggeber
AN	Arbeitnehmer
AR	Augmented Reality
BH	Bauherr
BL	Bauleiter
BMBau	Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau
CE	Communautés Européennes (Europäische Gemeinschaften)
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DQS	Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen mbH
DGQ	Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V.
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EK	Einkäufer
FMEA	Fehler-Möglichkeiten- und -Einfluss-Analyse
ID	engl., identification
ISO	International Standards Organisation (internationale Normungsorganisation)
MBO	Musterbauordnung
PA	Prüfanweisung
ppm	parts per million (Teile auf eine Million)
PBV	Prozessspezifisches Bauschadensverzeichnis
QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung
RA	Risikobewertungszahl des Auftretens
RB	Risikobewertungszahl der Bedeutung
RE	Risikobewertungszahl der Entdeckung
RegTP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
RPZ	Risikobewertungszahl
rd.	rund
SBV	Stamm-Bauschadensverzeichnis
SiG	Signaturgesetz
SV	Sachverständiger
TL	Technischer Leiter/Kalkulator
VA	Verfahrensanweisung
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
ZDB	Zentralverband des Deutschen Baugewerbes
ZPO	Zivilprozessordnung

SYMBOLE

Sinnbilder und ihre Anwendung nach DIN 66001 [55]



Verarbeitung, allgemein



Vordefinierter Prozess



Daten im Zentralspeicher



Daten auf Schriftstück



Verzweigung



Maschinell erzeugte optische oder akustische Daten



Maschinell zu verarbeitende Daten

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] *Abel, R./Dahmen, G./Lamers, R./Oswald, R./Schnapauff, V./Wilmes, K.:*
Bauschadensschwerpunkte bei Sanierungs- und Instandsetzungs-
maßnahmen. 1. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (1991).
- [2] *Algedri, J./Frieling, E.:*
Lernen im Prozess. Qualität & Zuverlässigkeit. Band 43, (1998)
Heft-Nr. 9, Seite 1083–1086.
- [3] *Arlt, J.:*
Mit Sachverstand Qualität am Bau sichern – die neue Rolle des Sachver-
ständigen. Anlässlich des 37. Bausachverständigen-Tags „Der Sachver-
ständige als Qualitätssicherer“ im Rahmen der Frankfurter Bautage (2002).
- [4] *Arlt, J./Damm, H.-T.:*
Systematisierte Abnahme von Bauleistungen - Rationalisierung der Abnah-
meleistung und frühen Mängelfeststellung (Institut für Bauforschung e.V.,
Hannover), Band 38. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (1997).
- [5] *Aurnhammer, H.-E.:*
Verfahren zur Bestimmung von Wertminderungen bei (Bau-)Mängeln und
(Bau-) Schäden. Aachener Bausachverständigentage 1978 - Innenbauteile,
Referate und Diskussionen. Stuttgart: Forum-Verlag GmbH (1978),
Seite 48–59.
- [6] *Aurnhammer, K.-G.:*
Schäden an Estrichen - Schadenfreies Bauen. Band 15. 2., ergänzte Auflage,
Herausgeber: Günter Zimmermann. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (1999).
- [7] *Aßbrock, O.:*
Transportbeton nach DIN EN 206-1 (Teil 1). Übersicht und Grundlagen.
beton, Jg. 51 (2001), Heft-Nr. 5, S. 248-253.
- [8] *BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung*
Forschungsbericht 177, Studie zur Anwendung zerstörungsfreier Prüfver-
fahren bei Ingenieurbauwerken - ZfPBau-Kompodium
Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren. Bremer-
haven, Verlag für neue Wissenschaft GmbH (1991)
- [9] *Bargstädt, H.-J./Dannecker, L.:*
Fehler-Suche mit System. Deutsches Ingenieurblatt. (2001), Heft-Nr. 11,
Seite 28–33.
- [10] *Bartholmai, B.:*
Wohnungsneubau weiter auf niedrigem Niveau – Modernisierung und
Instandsetzung stehen im Vordergrund. Deutsches Institut für Wirtschafts-
forschung, DIW-Wochenblatt 34/02 (2002).
- [11] *Battikha, M.:*
QUALICON: Computer-Based System for Construction Quality Management.
Journal of construction engineering and management. Bandnummer 128,
(2002), Heft 2, Seite 164–173.

- [12] *Bauproduktenrichtlinie:*
Richtlinie 89/106/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte vom 21. Dezember 1988 (ABL. EG vom 11.02.1989 Nr. L 40 S. 12)
- [13] *Bernicke, D.:*
Auswertung von Bauschäden an Wohnungs- und Gewerbebauten. Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2000).
- [14] *Beßner, S.:*
Aktueller Stand des Qualitätsmanagements in der deutschen Bauwirtschaft. Studienarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2002).
- [15] *Beßner, S.:*
Analyse und Auswertung von Bauschäden. Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar, (2003).
- [16] *BMBau 1984, Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau:* Bericht über Schäden an Gebäuden. Bonn (1984).
- [17] *BMBau 1988: Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau:* Zweiter Bericht über Schäden an Gebäuden. 2. Nachdruck 8/1988. Druck: Bonner Universitäts-Buchdruckerei (1988).
- [18] *BMBau, Bauforschungsberichte des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau:*
Zusammenstellung von typischen Bauschäden und Auswirkungen in technischer Hinsicht, erstellt durch Architekt-Ingenieur-Assekuranz GmbH, Bericht F 2182. Stuttgart: IRB-Verlag (1991).
- [19] *BMBau 1995, Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau:* Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. (1995).
- [20] *Bode, E.:*
Stellungnahme zum Gesetzentwurf der Fraktionen SPD und Bündnis 90/Die Grünen (Drucksache 15/1206) u.a. zum Themenbereich „Änderung der Handwerksordnung“. Institut für Weltwirtschaft, Forschungsgruppe „Regionales Wachstum und Raumstruktur“. Kiel (2003).
- [21] *Breijng, A./Kunz, A.:*
Critical Consideration and Improvement of the FMEA, Tools and methods of competitive engineering - TMCE 2002; April 22. - 26. 2002; Wuhan, China; (2002)
- [22] *Brendt, D./Krönung, J./Kuhn, O./Strauß, F.:*
Qualitätsmanagement im kleinen und mittelständischen Baubetrieb. Neu-Isenburg: ztv-Zeittechnik-Verlag GmbH (1997).
- [23] *Breyer, W./Haide, M.:*
Baubegleitende Qualitätskontrolle – Technische Durchführung und rechtliche Einordnung. VDI Bau-Jahrbuch 2003 - Bautechnik. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH (2003).
- [24] *Brunck, H.-F./Usemann, K.-W.:*
Baumängel und Bauschäden in der Gebäudetechnik. Gesundheits-Ingenieur. (1993), Heft-Nr. 3, Seite 145–152.

- [25] *Brüdern, A.-E.:*
Erstellen einer interaktiven, modularen Plattform zur transparenten bau-
begleitenden Qualitätssicherung. Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität
Weimar (2003).
- [26] *Brüssel, W.:*
Baubetrieb von A bis Z. 3., bearbeitete Auflage. Düsseldorf: Werner Verlag
(1998).
- [27] *Bücker, J.:*
Qualitätssicherung durch baubegleitende Prüfung. Schriften der Professur
Baubetrieb und Bauverfahren, Beitrag zum Tag des Baubetriebs 2000
„Prozesssteuerung – Projektleitung – Dienstleistung“, aus Anlass des 45-
jährigen Bestehens der Professur für Baubetrieb und Bauverfahren an der
Bauhaus-Universität Weimar. (2000), Heft-Nr.: 2(2000), Seite 61–67.
- [28] *Bürgerliches Gesetzbuch 2002*
Sonderausg. Schuldrechtsreform, neues Recht/altes Recht,
mit Einführung von Stephan Lorenz: 3. Aufl., Stand: 15. Februar 2002.
München: C.H. Beck-Verlag (2002).
- [29] *Crosby, P. B.:*
Qualität ist und bleibt frei: die Ratschläge des Qualitätspapstes für das 21.
Jahrhundert. Wien: Ueberreuter (1996).
- [30] *Cziesielski, E.:*
Ausführungsmängel während der Bauphase vermeiden. BIS Der Bau- und
Immobilien-Sachverständige. (2000). Heft-Nr. 3, Seite 74–78.
- [31] *Cziesielski, E.:*
Bauschäden-Sammlung. Band 4, 5, 6, 8, 10.
Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag (1981 – 1995).
- [32] *Cziesielski, E.:*
Schadenfreies Bauen. Band 4, 8, 20.
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (1994 – 1999).
- [33] *Damm, H.-T.:*
Systematisierte Abnahme von Bauleistungen nach VOB. Rationalisierung der
Abnahmeleistung und frühen Mängelfeststellung. Bauforschung für die Praxis.
2. überarb. Auflage 2001zum Stand der VOB/B 2000.
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (2001).
- [34] *Dellen, R./Uhlmann, E.:*
Qualitätsmanagement für Bauunternehmer und Planer
Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Bau-Fachinformationen GmbH
(1996).
- [35] *Deregulierungskommission*
- *Unabhängige Expertenkommission zum Abbau marktwidriger*
Regulierungen: Marktöffnung und Wettbewerb. Zweiter Bericht. Bonn (1991)
- [36] *Deumlich, F./Staiger, R.:*
Instrumentenkunde der Vermessungstechnik; 9., völlig neu bearb. und erw.
Aufl., Wichmann-Verlag, Heidelberg (2002).

- [37] *Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V.*
Merkblatt über die automatische Dauerüberwachung im Ingenieurbau (2000).
URL: <http://www.dgzfp.de/?page=iz/pub&pub=richtlinien>
Letzter Aufruf: 07.07.2003

- [38] *Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen mbH:*
Rückblick und Ausblick 1999/2000. Verantwortlich: Dagmar Blaha.
Frankfurt am Main (2001).
URL: http://www.dqs.de/files/Jahresbericht_2000.pdf
Letzter Aufruf: 14.01.2003.

- [39] *Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen mbH:*
Rückblick und Ausblick 2000/2001. Verantwortlich: Dagmar Blaha.
Frankfurt am Main (2002).
URL: http://www.dqs.de/files/Jahresbericht_01.pdf (letzter Aufruf: 14.01.2003)

- [40] *Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen mbH:*
Zahlen in der Baubranche, e-mail vom 16.01.2003, erhalten von Frau
Scheerer, C. Frankfurt am Main (2003).

- [41] *DGzFP Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung:*
Fachtagung Bauwerksdiagnose – Praktische Anwendung zerstörungsfreier
Prüfung (DGzFP-Berichtsband 66CD), 21.-22. Januar 1999, München (1999).

- [42] *DIN 1045-2:*
Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung Konformität Anwendungs-
regeln zu DIN EN 206-1. Berlin: Beuth Verlag GmbH (2001).

- [43] *DIN 1045-3:*
Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 3: Bauausführung
Berlin: Beuth Verlag GmbH (2001).

- [44] *DIN 18195:*
Bauwerksabdichtungen. Berlin: Beuth Verlag GmbH (2000).

- [45] *DIN 18200:*
Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte. Berlin: Beuth Verlag GmbH
(2000).

- [46] *DIN 18202:*
Toleranzen im Hochbau - Bauwerke. Berlin: Beuth Verlag GmbH (1997).

- [47] *DIN 25448:*
Ausfalleffektanalyse. Berlin: Beuth Verlag GmbH (1990).

- [48] *DIN 50986:*
Keilschnittverfahren zur Messung der Dicke von Anstrichen und ähnlichen
Schichten. Berlin: Beuth Verlag GmbH (1979).

- [49] *DIN EN 206-1:*
Beton: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität.
Berlin: Beuth Verlag GmbH (Juli 2001).

- [50] *DIN EN 473*
Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung:
Allgemeine Grundlagen. Berlin: Beuth Verlag GmbH (1993).

- [51] *DIN EN ISO 9000:*
Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe.
Berlin: Beuth Verlag GmbH (2000).
- [52] *DIN EN ISO 9001:*
Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen. Berlin: Beuth Verlag GmbH
(2000).
- [53] *DIN EN ISO 9004:*
Qualitätsmanagementsysteme – Leitfaden zur Leistungsverbesserung. Berlin:
Beuth Verlag GmbH (2000).
- [54] *DIN EN ISO 19011:*
Leitfaden für Audits von Qualitätsmanagement und/oder
Umweltmanagementsystemen. Berlin: Beuth Verlag GmbH (2002).
- [55] *DIN EN ISO 66001:*
Sinnbilder und ihre Anwendung. Berlin: Beuth Verlag GmbH (1983).
- [56] *DIN EN ISO 69900, Teil 1:*
Netzpanentechnik – Begriffe. Berlin: Beuth Verlag GmbH (1987).
- [57] *Döbbelin, J.- U.:*
Entwicklung und Anwendung eines wissenbasierten Systems zur Vermeidung
von Bauschäden in der Geotechnik. In: Schriftenreihe Geotechnik. (2000)
Herausgeber: Tom Schanz, Karl Josef Witt, Professur Grundbau der
Bauhaus-Universität Weimar. Heft-Nr. 03, Seite 45–57.
- [58] *DUDEN - Das Fremdwörterbuch*
Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim (1995).
- [59] *DUDEN - Die deutsche Rechtschreibung*
Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim (1999)
- [60] *Ebener, T.:*
Analyse und Auswertung von Bauschäden im Wohnungs- und Industriebau.
Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2001).
- [61] *Frenz, M./Wiedenmaier, S./Lenzen, K.:*
Erweiterte real-virtuelle Welten. Konzeptionelle Überlegungen zum Einsatz in
der beruflichen Bildung. In: Unternehmen der Zukunft, Aachen. (2002)
Heft-Nr. 3, Seite 7.
- [62] *Fricke, R./Hunold, E.:*
Qualitätsmanagement beim Bauvorhaben Neubaustrecke Köln-Rhein/Main aus
der Sicht des Auftragnehmers. Neubaustrecke Köln-Rhein/Main - Das Projekt.
Herausgeber: DBBauProjekt GmbH (2001), Seite 74–77.
- [63] *Gann Mess- und Regeltechnik GmbH:*
Qualität hat einen Namen. (2003), Seite 20–21.
- [64] *Gesetz über Rahmenbedingungen für elektronische Signaturen und zur
Änderung weiterer Vorschriften:*
(Signaturgesetz – SigG), BGBL. I S. 876ff (2001).

- [65] *Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten (Bauproduktengesetz)*
zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG [12].
Fassung vom 28.04.1998, zuletzt geändert am 06.01.2004.
- [66] *Haenes, H./Welsch, M.:*
Fehlermanagement in der Bauwirtschaft. Baumarkt+Bauwirtschaft. (2001),
Heft-Nr. 12. Seite 39–41.
- [67] *Haist, F./Fromm, H.:*
Qualität im Unternehmen: Prinzipien-Methoden-Techniken. 2. Auflage.
München-Wien: Carl Hanser Verlag (1991).
- [68] *Hansing-Rizkallah, M./Maire', A.:*
Gewährleistung und Qualitätsmanagement kleiner und mittelständischer
Unternehmen aus dem Bauhaupt- und Baunebengewerbe, Forschungsstudie
der VHV-Versicherung. Selbstverlag Hannover (2001).
- [69] *Hartlep, N.:*
Analyse und Ansätze zur Verbesserung einer baubegleitenden Qualitätsüber-
wachung. Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2001).
- [70] *Helmut, F.:*
Handbuch Qualitätsmanagement, Erfahrungen aus und für die Praxis.
Erkrath: Beton-Verlag GmbH (1997).
- [71] *Heiermann, W.:*
Die Prüfungs- und Hinweispflicht des Bauunternehmers. Deutsches Baublatt.
(2002), Heft-Nr. 295, Seite 22.
- [72] *Hierath, B.:*
Facility Management – Computer Aided Facility Management (CAFM),
Computergestützte Planung und Nutzung von Gebäuden.
Deutsches Ingenieurblatt. (2001), Heft-Nr. 10, Seite 13–16.
- [73] *Hövenner-Hetz, C.:*
Frischer Wind oder Sturm; Sachverständige wehren sich gegen Deregulierung
um jeden Preis. Deutsches Ingenieurblatt. (2001), Heft-Nr. 5, Seite 40 – 43.
- [74] *ISO/IEC 9126-1:*
Software-Engineering – Qualität von Software-Produkten – Teil 1: Qualitäts-
modell. Herausgeber: ISO International Organization for Standardization
(2001).
- [75] *Jäde, H.:*
Musterbauordnung –MBO–, Fassung November 2002. Herausgegeben auf
Beschluss der 106. Bauministerkonferenz, der Arbeitsgemeinschaft der für
Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren
der 16 Bundesländer (2002).
URL: www.is-argebau.de
Letzter Aufruf: 24.02.2004
- [76] *Jeske, M.:*
Analyse und Auswertung von Bauschäden im Wohnungs- und Industriebau.
Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2001).

- [77] *Jungwirth, D.:*
unter Mitwirkung der Deutschen Gesellschaft für Qualität e.V. Horst Fuhr.
Qualitätsmanagement im Bauwesen. 2. Auflage. Düsseldorf: VDI-Verlag
(1996)
- [78] *Kamphausen, P.-A.:*
ARGE Dr.-Ing. H.E. Aurnhammer
1. Die »Fertigstellungsbescheinigung« des Bausachverständigen – ein
Nachruf
2. Baubegleitende Qualitätskontrolle.
Der Sachverständige (2000), Heft-Nr. 9, Seite 13.
- [79] *Kamphausen, P.-A.:*
Baubegleitende Qualitätskontrolle. Der Sachverständige. (2001)
Heft-Nr. 3, Seite 64–65.
- [80] *Kapellmann, K.-D./Langen, W.:*
Einführung in die VOB/B - Basiswissen für die Praxis. 12., völlig neu
bearbeitete und erweiterte Auflage. München/Unterschleißheim: Werner
Verlag (2003).
- [81] *Kapellmann, K.-D./Messerschmidt, B. (mit jeweiligem Bearbeiter):*
Beck'sche Kurz-Kommentare – VOB Teile A und B. Band 58. München:
Verlag C.H. Beck. (2003)
- [82] *Klärner, E./Schwörer, A.:*
Qualitätssicherung im Bauwesen – Hinweise für Bauherren, Planer,
Unternehmer. 1. Auflage.
Wiesbaden: Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (1992)
- [83] *Klingelhöfer, H.-G.:*
Europäische Harmonisierung – Einführung des CE-Zeichens,
Computergestützte Planung und Nutzung von Gebäuden.
Deutsches Ingenieurblatt (DIB-Spezial). (2003), Heft-Nr. 4, Seite 4–7.
- [84] *Kommission der Europäischen Gemeinschaften:*
Vorschlag für die Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über
die Anerkennung von Berufsqualifikationen, vorgelegt von der Kommission
der Europäischen Gemeinschaften am 07.03.2002 in Brüssel.
2002/0061(COD), (KOM 2002)119 endgültig
- [85] *Kreysing, M.:*
Berufsausbildung in Deutschland und den USA - Institutionalisierung des
dualen Berufsbildungssystems in vergleichender Perspektive (2003),
Dissertation an der Georg-August-Universität Göttingen
- [86] *Kriebus, O.:*
Analyse und Auswertung von Bauschäden. Diplomarbeit an der Bauhaus-
Universität Weimar, (2003).
- [87] *Kühnhardt, M./Schock, T.:*
Super-Scanner für CAD-Pläne. Deutsches Ingenieurblatt. (2002), Heft-Nr. 6,
Seite 16–21.

- [88] *Leonhard, K.-W./Naumann, P.:*
Managementsysteme – Begriffe, Ihr Weg zur klaren Kommunikation. DGQ-Band 11-04. 7. Auflage. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH (2002).
- [89] *Maire', A.:*
Wirtschaftliche Aspekte der Gewährleistung bei kleinen und mittelständischen Bauunternehmen. Braunschweig: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb. (2002)
- [90] *Masing, W.:*
Handbuch der Qualitätssicherung. 3. Auflage. München Wien: Carl Hanser Verlag (1994).
- [91] *Meyers Lexikon in drei Bänden*
Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim (1996).
- [92] *Meinhardt, C.:*
Auswertung von Bauschäden im Wohnungs- und Gewerbebau. Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (1999).
- [93] *„Merkblatt zur EU-Richtlinie 89/106/EWG“:*
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie:
Referat Öffentlichkeitsarbeit 10/2001 (2001)
- [94] *Möser, M./Müller, G./Schlemmer, H./Werner, H.:*
Handbuch Ingenieurgeodäsie: Maschinen- und Anlagebau; Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg (2002).
- [95] *OLG Naumburg, 26.11.2002 - 11 U 234/01*
IBR Navigator (News Nr. 2654)
<http://www.ibr-online.de/IBRUrteile/index.php>
Letzter Aufruf: 25.11.2003
- [96] *OEG-Messtechnik*
Produktunterlagen FLATSCAN_CAS
<http://www.oeg-messtechnik.de/deutsch/2d3.htm>
Letzter Aufruf: 23.11.2003
- [97] *Orbanz, D.:*
Untersuchung zur Akzeptanz einer beweisfähigen Eigenüberwachung bei der Ausführung von Estricharbeiten als Grundlage einer förmlichen Abnahme. Studienarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2001)
- [98] *Oswald, R.:*
Nutzwert definiert Minderwert. Deutsches Ingenieurblatt. (1998), Heft-Nr. 5, Seite 52–55.
- [99] *Oswald, R./Abel, R.:*
Hinzunehmende Unregelmäßigkeiten bei Gebäuden. 2. Auflage. Wiesbaden und Berlin: Bauverlags GmbH (2000).

- [100] *Oswald, R./Richter-Engel, S./Wilmes, K.:*
Schäden bei mangelhaften Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen: „Bauschadensschwerpunkte bei Sanierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen“; Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn/Aachen.
Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag (1991/94).
- [101] *Pause, H.:*
Bauqualität: Standortbestimmung und praktische Hinweise für den Bauherren, Planung, Ausführung, Bauforschung und Ausbildung.
Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH (1998).
- [102] *Peter, A.:*
Untersuchung zur Möglichkeit einer nachvollziehbaren Pauschalierung von Wertminderung/Minderwerten. Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2001).
- [103] *Pfuhl, D.:*
Datenerfassungssysteme im Bauwesen. Studienarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2001).
- [104] *Puche, M.:*
Vorsorge statt Sanierung – Leckmeldeanlagen können Flachdächer wirksam schützen. Deutsches Ingenieurblatt. (2003), Heft-Nr. 10, Seite 33–38.
- [105] *Reichwald, R./Möslein, K.:*
Telearbeit und Telekooperation, in: Bullinger, H.-J. / Warnecke, H.J. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management, Berlin (1996) Seite 691-708.
- [106] *Rizkallah, V./Döbbelin, J.-U.:*
Bauschäden gezielt verhindern – Datenbank für die geplante Fehlervermeidung. Deutsches Ingenieurblatt. (2001), Heft-Nr. 1/2, Seite 37–42.
- [107] *Rizkallah, V./Achmus, M./Kaiser, J.:*
Bauschäden beim Bauen im Bestand – Schadensursachen und Schadensvermeidung. Hannover: Institut für Bauforschung e.V. (2003), Heft-Nr. 19.
- [108] *Rybicki, R.:*
Bauausführung und Bauüberwachung: Recht – Technik – Praxis; Handbuch für die Baustelle. 2., neubearb. u. erw. Auflage.
Düsseldorf: Werner-Verlag GmbH (1995).
- [109] *Schickert, M./Peitsch, P./Ring, W./Schmidt, M./Oeser, F./Gräf, J.:*
Einsatzmöglichkeiten autonomer Transpondersysteme für Messanwendungen im Bauwesen. Beitrag zur Veranstaltung „Sensoren- und Mess-Systeme 2002“ Veranstaltung des VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik). (2002)
- [110] *Schieler, J.:*
Der leichte Weg zum Qualitätsmanagement: ohne Formalismus zu optimalen Arbeitsabläufen im Baugewerbe.
Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH (1998).

- [111] *Schild, E./Oswald, R./Rogier, D.:*
Ausmaß und Schwerpunkte der Bauschäden im Wohnungsbau,
Arbeitsbericht zum 1. Teil des Forschungsvorhabens,
„Bauschadensfragen – Bauschadensverhütung im Wohnungsbau“, Bericht 1.
Aachen: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Fachgebiet für
Grundlagen der Baukonstruktion und Bauschadensfragen (1973).
- [112] *Schimmel, T.:*
Qualitätssicherungssysteme im Bauwesen. Diplomarbeit an der Bauhaus-
Universität Weimar (2001).
- [113] *Schneider, J.:*
Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen: Grundwissen für Ingenieure.
2., ueberarb. Aufl.. Zürich : Hochschulverlag AG an der ETH ; Stuttgart : B.G.
Teubner (1996).
- [114] *Schock, T.:*
Cyrax® 3-D-Laserscanning – Lösungen im Anlagenbau und Vermessungs-
wesen; in Anwendung für As-Built-Dokumentation und Facility Management;
hrsg. von Thomas Luhmann; Wichmann Verlag, Heidelberg (2002),
Seite 93–98
- [115] *Scholz, R.:*
Privatisierung im Baurecht: Bauordnungs- und verfassungsrechtliche
Zulässigkeit der Verlagerung staatlicher Bauaufsicht auf private
Eigenverantwortung. Band 8. Berlin: Erich Schmidt Verlag (1997).
- [116] *Schreiber, U.:*
Das Wirtschaftslexikon. Auflage 04/2000. München: Wilhelm Heyne Verlag
(2000).
- [117] *Siemens AG, Produktauskunft:*
SIEMENS®mobic - Mobile Industrial Communicator
URL: http://www.ad.siemens.de/mobic/html_00/products/prod_key.htm
Letzter Aufruf: 18.01.2003
- [118] *Statistisches Bundesamt Wiesbaden:*
Statistisches Jahrbuch 2001 für die Bundesrepublik Deutschland und für das
Ausland (CD-ROM). (2002)
URL: <http://www.destatis.de/>
Letzter Aufruf: 28.11.2002
Definitionen über URL: <http://www-zr.destatis.de/>
Letzter Aufruf: 01.03.2003
- [119] *Steiner, J.:*
Deregulierung fördert Pfusch–Folgen entfallener bauaufsichtlicher Maß-
nahmen -, Zusammenfassung eines Vortrages anlässlich des Deutschen
Sachverständigentages am 22.03.2001 in Berlin, (2001).
- [120] *Syben, G.:*
Die Baustelle der Bauwirtschaft – Unternehmensentwicklung und
Arbeitskräftepolitik auf dem Weg ins 21. Jahrhundert.
Berlin: edition sigma (1999).

- [121] *Terhechte, D.:*
Nutzenstiftung von Qualitätsmanagement-Systemen im Bauwesen.
Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsgebietes Bauwirtschaft, Bergische
Universität Wuppertal (2000).
- [122] *TÜV NORD Bauqualität GMBH:*
URL: http://www.tuev-nord.de/6770_6752.asp
Letzter Aufruf: 30.12.2002
- [123] *Vogdt, F. U.:*
„Dialog Bauqualität“. Bericht Nr. 1-18/2002.
Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU
Berlin. Auftraggeber: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
Endbericht zum Forschungsprojekt. (2002).
- [124] *Wagner, K.-W/Käfer, R./Kohl, G.:*
PQM, Prozessorientiertes Qualitätsmanagement: Leitfaden zur Umsetzung
der ISO 9001: 2000. 2. überarb. U. erw. Aufl.. Leipzig: Hanser
Fachbuchverlag (2003).
- [125] *Wagner, P.:*
Nicht ohne Not - Die Abschaffung des Prüfeningenieurs brächte niemandem
einen Vorteil. Deutsches Ingenieurblatt. (2001); Heft-Nr. 9, Seite 38–44.
- [126] *Wapenhans, W.:*
Baumangel, Baufehler, Bauschaden. Der Sachverständige. (1996),
Heft-Nr. 12, Seite 12-14.
- [127] *Weber, H.:*
Analyse oder Zuschuß, Qualitätssicherung – Modewort oder Notwendigkeit.
Euro-Bau: EB; Fachzeitschrift für die Bauwirtschaft. Band 7, (1996), Heft 2,
Seite 11–12.
- [128] *Weeber, H./Bosch, S.:*
Bauqualität - Verfahrensqualität und Produktqualität bei Projekten des
Wohnungsbaus. Bauforschung für die Praxis, Band 60. Fraunhofer IRB
Verlag (2003).
- [129] *Werner, D.:*
Fehler und ihre Vermeidung bei Tragkonstruktionen im Hochbau. Berlin: Ernst
& Sohn Verlag (2002).
- [130] *Werwarth, K.:*
Siegel ohne Brief -TÜV-Baucontolling in der Kritik: keine Gewährleistung,
keine Haftung. Deutsches Ingenieurblatt. (2001), Heft-Nr. 5, Seite 38 – 39.
- [131] *Weyhe, S.:*
Das System der „Helfenden Prüfung“. Schriften der Professur Baubetrieb und
Bauverfahren, Beitrag zum Tag des Baubetriebs 2002 „Innovation – Qualität –
Zahlungssicherheit“, der Professur für Baubetrieb und Bauverfahren an der
Bauhaus-Universität Weimar. (2002), Heft 4(2002), Seite 53–59.
- [132] *Wilfert, K.:*
Analyse und Auswertung von Bauschäden im Wohnungs- und Industriebau.
Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar (2001).

- [133] *Wunderlich, T.:*
Vektorielle Abtastung mit Laser-Scannern: das Potential räumlicher Punktwolken; Beton- und Stahlbetonbau (2002), Heft-Nr. 11; Seite 557–563.
- [134] *Zentralverband des Deutschen Baugewerbes:*
Baumarkt 2001 – Ergebnisse, Entwicklungen, Tendenzen. Bonn-Berlin: Köllen Druck+Verlag GmbH (2002).
- [135] *Zimmermann, G./Schuhmacher, R.:*
Bauschadensfälle. Band 1-4. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (2003).
- [136] *Zivilprozessordnung:*
Fassung der Bekanntmachung vom 12.9.1950 (BGBl. I S. 533)
Zuletzt geändert durch Gesetz vom 27.12.2003 (BGBl. I S. 3022)
Stand aufgrund des Gesetzes vom 04.11.2003 (BGBl. I. S. 2166)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abb. 1: Bruttoanlagevermögen zu Wiederbeschaffungspreisen in Deutschland 2004.....	1
Abb. 2: Entwicklung Bauinvestitionen im Wohnungsbau in Deutschland (in Preisen von 1995)	1
Abb. 3: Anteil der Fremdleistungen im Bauhauptgewerbe Deutschlands	3
Abb. 4: Gliederung der Bauteilgruppen.....	8
Abb. 5: Normierte relative Verteilung der Baumängel und –schäden auf Bauteilgruppen im Zeitraum 1965-1972	9
Abb. 6: Normierte relative Verteilung der Baumängel und –schäden auf Bauteilgruppen im Zeitraum 1975-1985	9
Abb. 7: Unterteilung der betrachteten Schäden nach Bauteilen bzw. Ursachen	10
Abb. 8: Normierte relative Verteilung der Baumängel und -schäden auf Bauteilgruppen im Zeitraum 1986-1987	10
Abb. 9: Relative Verteilung der Baumängel und -schäden bei Sanierung und Instandsetzung im Vergleich zu Neubauarbeiten	11
Abb. 10: Vermeidbare Neubauschäden (BMBau).....	12
Abb. 11: Anteilige Verteilung der Schäden nach Schadenszeitpunkt (AIA).....	13
Abb. 12: Anteilige Verteilung der Schäden nach Schadenszeitpunkt (BMBau)	13
Abb. 13: Anteilige Fehlergruppen als Ursachen der Aufwendungen für die Beseitigung von Herstellungsfehlern	14
Abb. 14: Ursachen für Beseitigungskosten der fehlerhaften Ausführung	14
Abb. 15: Verteilung der Bauschadensursachen BMBau/AIA	15
Abb. 16: Verteilung der Bauschadensursachen nach Schild u.a.	15
Abb. 17: Verteilung der Bauschadensursachen nach Oswald u.a.	16
Abb. 18: Gründe für Mängel und Schäden an Bauleistungen.....	17
Abb. 19: Entwicklung des Qualitätsgedankens im Bauwesen	23
Abb. 20: Bauprozessqualität und Bauteilqualität	27
Abb. 21: Bauqualität während der Bauwerksentstehung	28
Abb. 22: System der staatlichen Prüfung und Kontrolle in Deutschland.....	32
Abb. 23: Planungspraxis während der Bauwerksentstehung	38
Abb. 24: Prozessmodell nach DIN EN ISO 9000 und 9001	39
Abb. 25: Verbindung zwischen QM-System und technischen Regeln	40
Abb. 26: Einfluss von Kriterien auf die Vergabe von Bauleistungen.....	41
Abb. 27: DQS-Zertifikate, Stand: 31.12.2000, aufgeteilt nach Branchen.....	42
Abb. 28: Einwände gegen die QM-Zertifizierung	42

Abb. 29:	Vorgehensweise der systematischen Rückverfolgung von Fehlern bis zur Quelle nach Rizkallah	46
Abb. 30:	Gedankenmodell zur Entstehung und Behebung von Fehlern im Bauprozess nach Rizkallah	47
Abb. 31:	Ebenen eines mehrgliedrigen Fehlerschlüssel	48
Abb. 32:	Eingliederung der FMEA-Teilmethoden in die Produktentwicklung der stationären Industrie	50
Abb. 33:	Einteilung der Prüfdatenerfassung	61
Abb. 34:	Subjektivität und Objektivität der Prüfverfahren	63
Abb. 35:	Subjektivität und Objektivität der Prüfenden	63
Abb. 36:	Die zwei Säulen der Qualität	65
Abb. 37:	Projektstruktur der NBS Köln–Rhein/Main, Los A	68
Abb. 38:	Zusammenhänge der Überwachungsarten an der NBS Köln–Rhein/Main	69
Abb. 39:	Haltepunkte zur Qualitätsanalyse	70
Abb. 40:	Die Menge der Baumängel und -schäden	74
Abb. 41:	Verteilung der Baumängel und -schäden auf Bauteilgruppen (Zeitraum 1996-2003)	75
Abb. 42:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an Außenwänden	75
Abb. 43:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an Keller/Drainagen	76
Abb. 44:	Typische Baumangel- und Bauschadensbilder am Bauteil Keller/Drainagen	76
Abb. 45:	Häufigkeitsverteilung der Schäden nach Schadenszeitpunkt	77
Abb. 46:	Verteilung der Schadensverursachung	78
Abb. 47:	Anteil der Baumangel- und Bauschadenshäufigkeit nach Vertragsgruppen	79
Abb. 48:	Anteil der Vertragsgruppen am Bauvolumen	79
Abb. 49:	Verbesserungspotenziale zur Qualitätssicherung in der Bauausführung	82
Abb. 50:	Der modulare Ansatz eines Systems der Eigenüberwachung	85
Abb. 51:	Nahtstellen und Checklisten im Bauausführungsprozess	86
Abb. 52:	Hierarchiestufen eines Konzeptes zur Qualitätssicherung in der Bauausführung	90
Abb. 53:	Algorithmus zur Ableitung der Prophylaxe Kriterien	91
Abb. 54:	Einfluss der Prophylaxe Kriterien auf den Bauprozess	92
Abb. 55:	Methode zur Herleitung der Prophylaxe Kriterien	94
Abb. 56:	Datenadaption Stamm-/prozessspezifisches Bauschadensverzeichnis	97
Abb. 57:	Teilprozess-Analogie, Prinzipaufbau	102

Abb. 58:	Flussdiagramm zur Prüfung durch unterschiedliche Prüfende	104
Abb. 59:	Flussdiagramm zum automatischen Konformitäts-Check	105
Abb. 60:	Flussdiagramm zu den Hierarchiestufen „Prüfung Bauleiter“ und „Kontrolle Bauüberwachung“	107
Abb. 61:	Synthese der Hierarchiestufen im System der „Helfenden Prüfungen“	109
Abb. 62:	Grundmodell einer interaktiven Plattform	110
Abb. 63:	Kommunikationsmodell zum System der „Helfenden Prüfungen“	111
Abb. 64:	Datenbankstruktur	113
Abb. 65:	Vernetzung der Prüfungen	115
Abb. 66:	Drei Formen der Privatisierung.....	123
Abb. 67:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Decken/Fußböden.....	146
Abb. 68:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Dächer.....	146
Abb. 69:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Balkone/Terrassen	147
Abb. 70:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Einbauelemente	147
Abb. 71:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Innenwände.....	148
Abb. 72:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Gründungen	148
Abb. 73:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Außenanlagen	149
Abb. 74:	Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Sonstige	149

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tab. 1: Erwartungen und Standpunkte zur Bauüberwachung	34
Tab. 2: Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Fehlern, Baumängeln oder Bauschäden und Risikobewertungszahl RA.....	51
Tab. 3: Bedeutung der Fehler, Baumängel oder Bauschäden anhand ihrer Auswirkungen und Risikobewertungszahl RB	52
Tab. 4: Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeit einer Entdeckung von Fehlern und Risikobewertungszahl RE.....	52
Tab. 5: Darstellung der Konformitätsnachweisverfahren (Merkblatt Bauproduktenrichtlinie [93]).....	56
Tab. 6: Darstellung der Elemente des Konformitätsnachweises mit Beispielen (KLINGELHÖFER [83]).....	57
Tab. 7: Gegenüberstellung QS-Prinzip im Wohnungsbau und im Ingenieurbau.....	71
Tab. 8: Gegenüberstellung Bauvolumen und Baumangel- /Bauschadenshäufigkeit zur Vertragsgruppe.....	80
Tab. 9: Auszug, Stamm-Bauschadensverzeichnis	96
Tab. 10: Auszug, prozessspezifisches Bauschadensverzeichnis.....	100
Tab. 11: Signalmatrix Konformitäts-Check	119

ANHANG

A: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden als Ergänzung zu Kapitel 5, Abschnitt 5.2

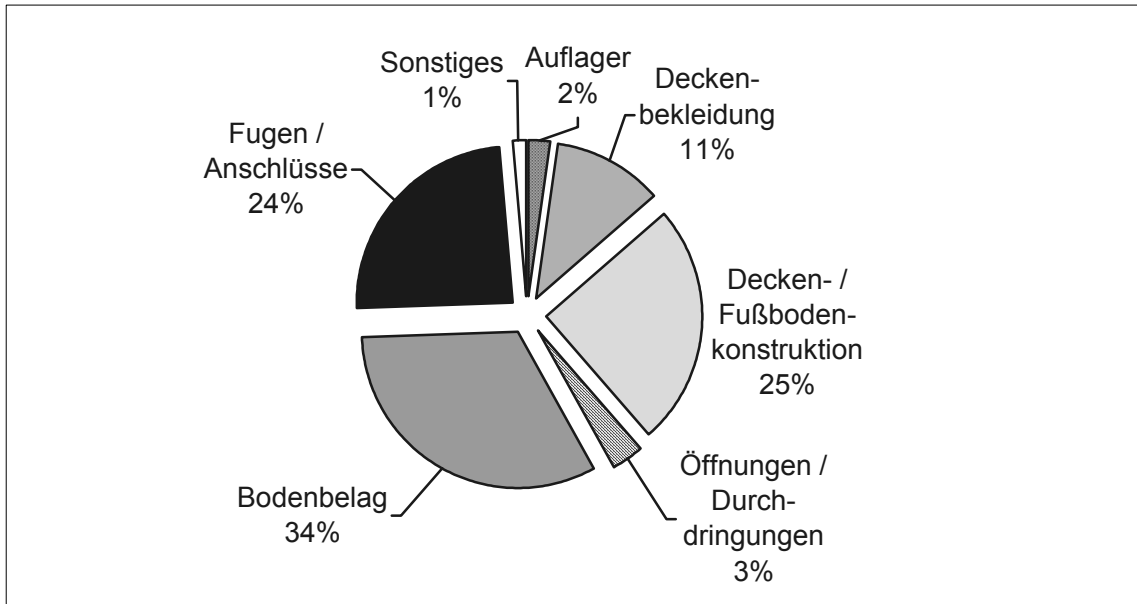


Abb. 67: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Decken/Fußböden

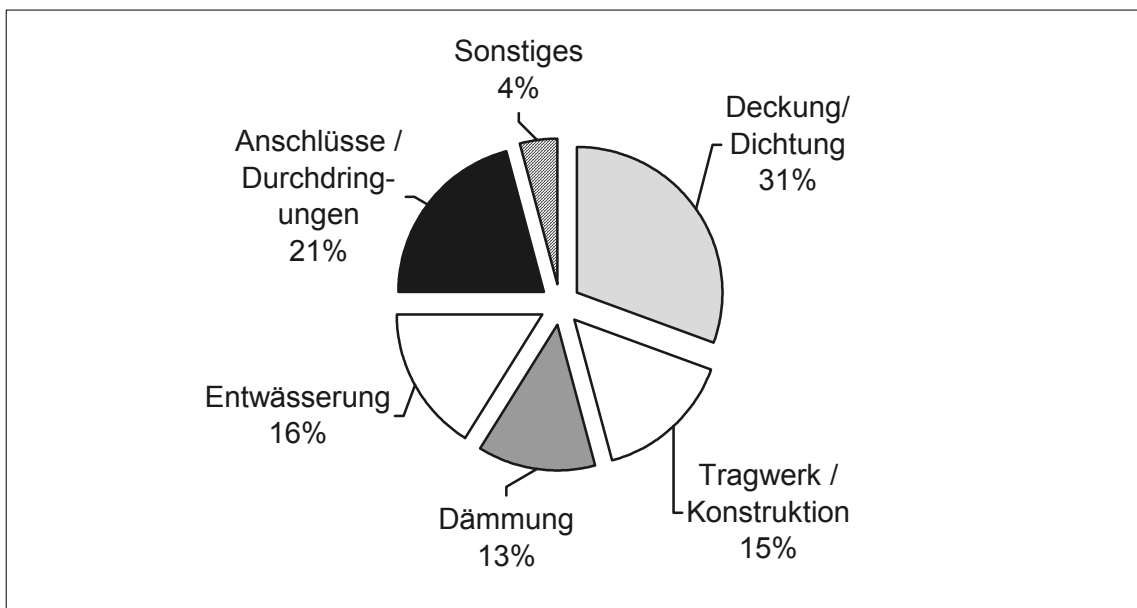


Abb. 68: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Dächer

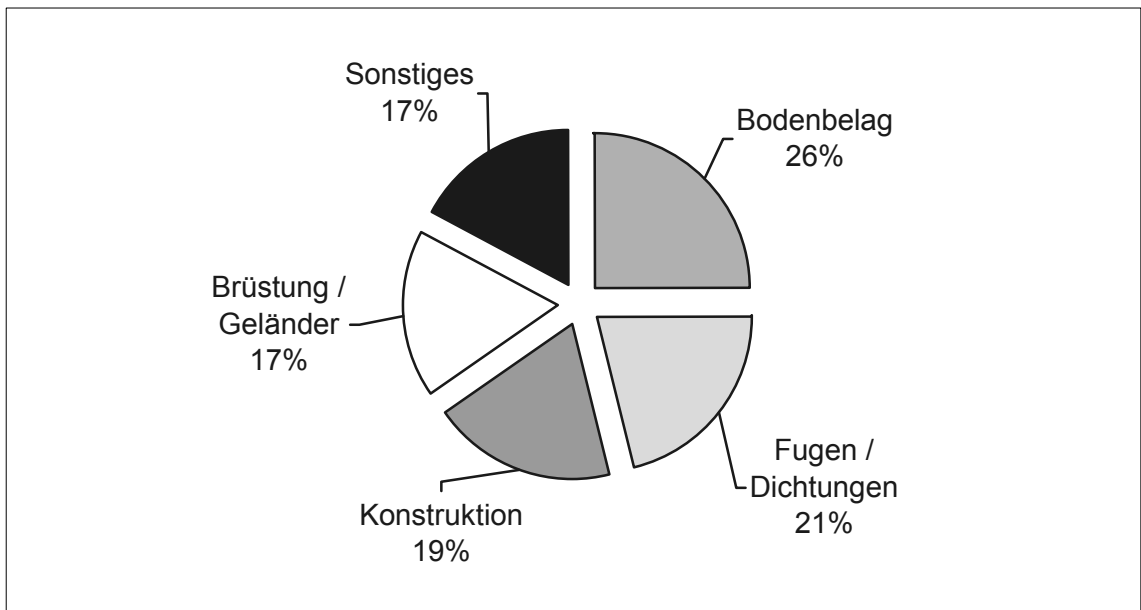


Abb. 69: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Balkone/Terrassen

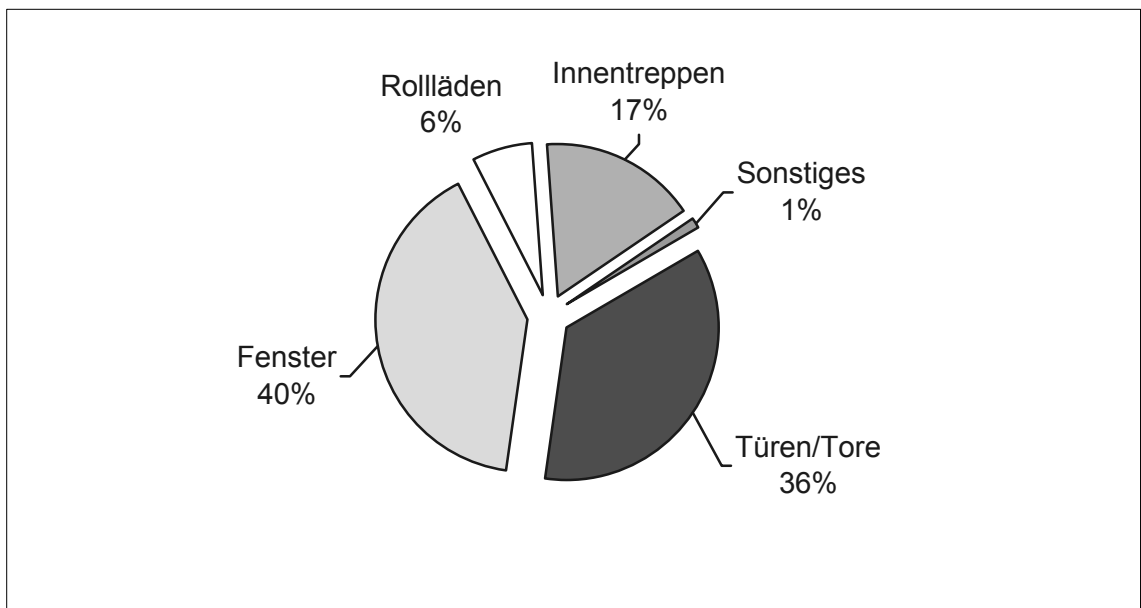


Abb. 70: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Einbauelemente

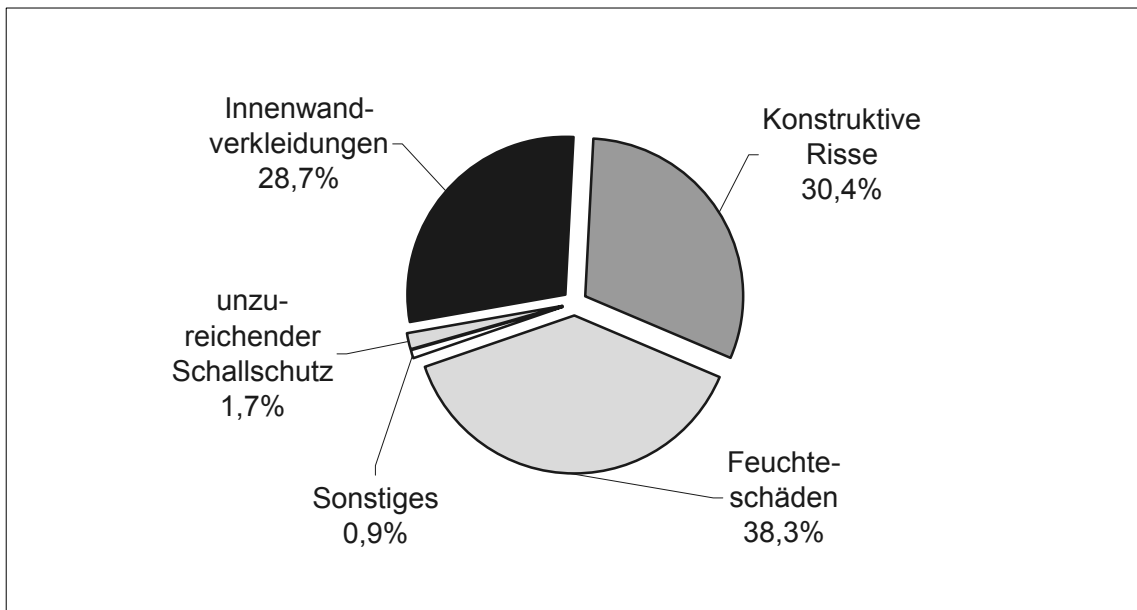


Abb. 71: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Innenwände

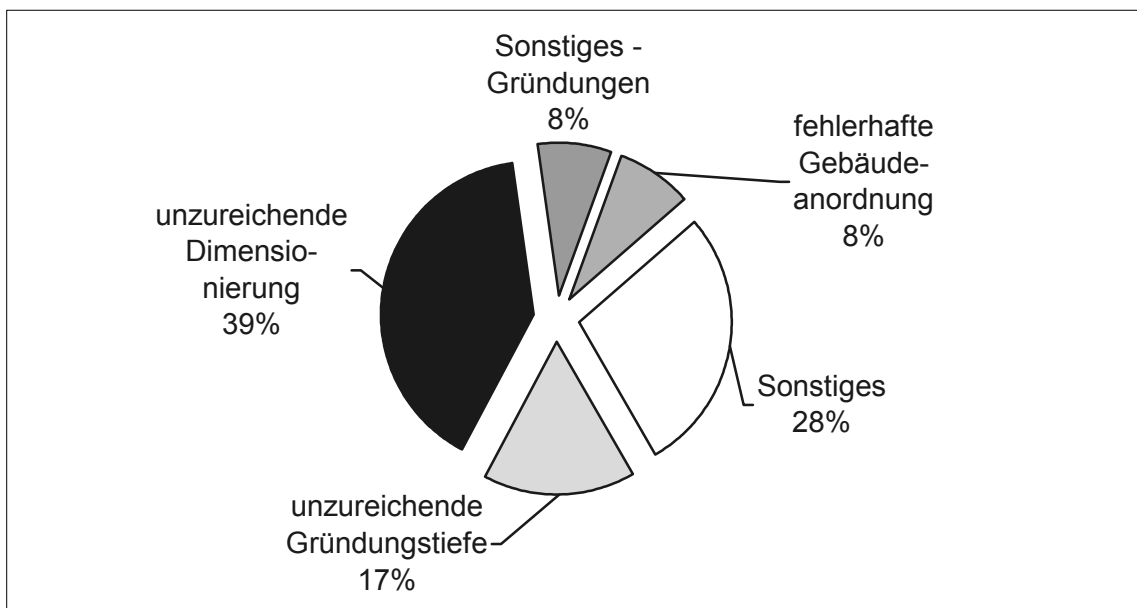


Abb. 72: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Gründungen

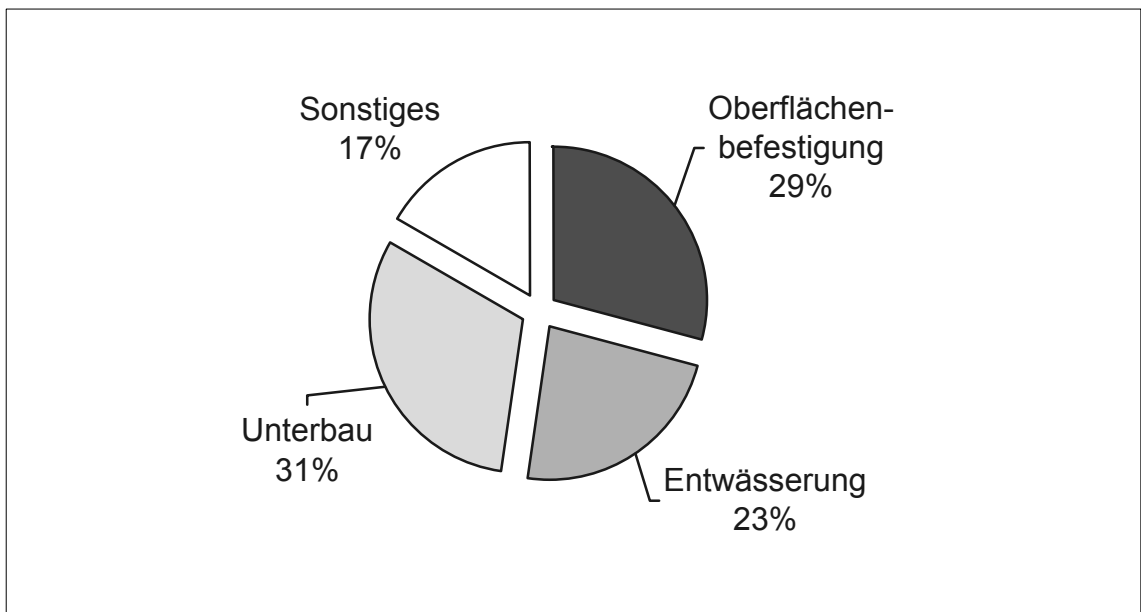


Abb. 73: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Außenanlagen

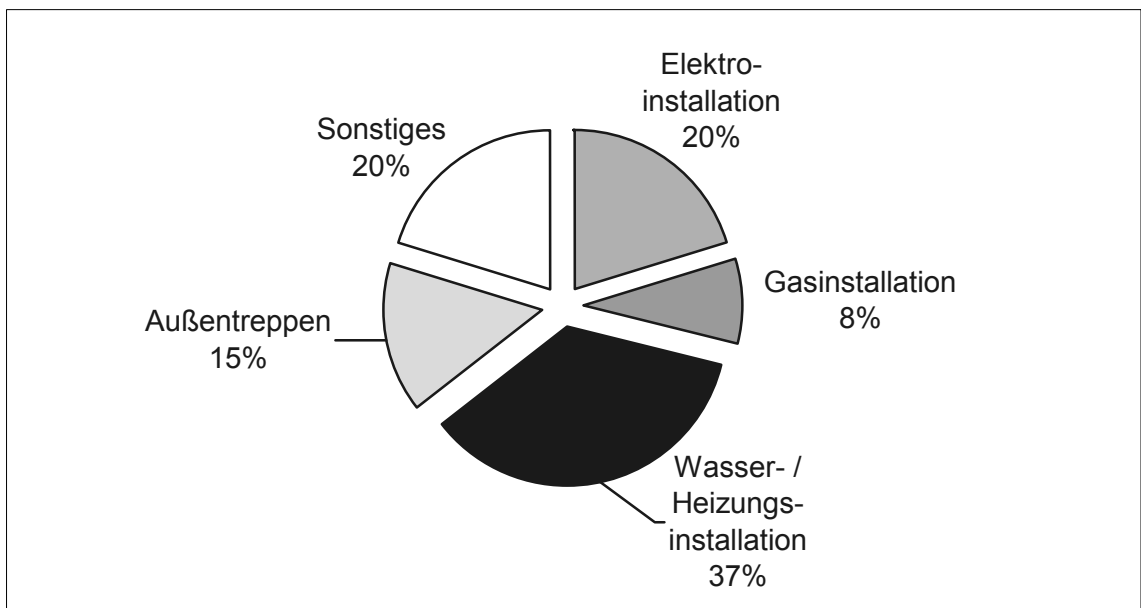


Abb. 74: Differenzierte Unterteilung von Baumängeln und Bauschäden an der Bauteilgruppe Sonstige

B: Beispielhafte zerstörungsfreie und zerstörungsarme Prüfungen, untergliedert nach Möglichkeiten der Prüfdatenerfassung

Die baubegleitende Datenerfassung muss auf der Grundlage zerstörungsfreier und zerstörungsarmer Prüfmethoden erfolgen.

Ziel der folgenden Ausführungen zu den beispielhaften Prüfungen ist eine Verknüpfung der in Abschnitt 4.3.2 dargestellten Methoden der Prüfdatenerfassung und der Erfassung der Prüfdaten nach Abschnitt 4.3.3.

Grundsätzlich wird ein höchstmögliches Niveau an nachweislicher Objektivität der Prüfungen angestrebt.

Subjektive Prüfdatenerfassung

- Optische Sichtprüfung

Die optische oder visuelle Sichtprüfung ist die einfachste baubegleitende Prüfmöglichkeit. Die Prüfung kann kontinuierlich erfolgen und erfordert beim Ausführenden keinen zusätzlichen Aufwand. Die Sichtprüfung ist Grundlage jeder Qualitätssicherung in der Bauausführung und ermöglicht das sofortige manuelle Reagieren bei vorhandenen Qualitätsabweichungen.

Durch signierte Bildinformationen (vgl. Abschnitt 4.3.4) kann die Richtigkeit bestätigt und der Grad der nachweislichen Objektivität erhöht werden.

Objektive manuelle Prüfdatenerfassung

- Keilschnitt-Verfahren (Schichtstärkenmessung)

Das Keilschnitt-Verfahren ist genormt nach der noch gültigen DIN 50986 [48] (Ausgabe 1979) und dient zur Bestimmung von Schichtstärken auf beliebigem Untergrund. Der Prüfkörper wird üblicherweise unter einem definierten Winkel angeritzt. Aus der Projektion der Schnittflanke kann die Schichtdicke über eine geometrische Beziehung ermittelt werden. ($d = s \times \tan \alpha$)

Das Verfahren wird im Bauwesen zur Messung der Schichtstärke, insbesondere von Bitumendickbeschichtungen eingesetzt. (vgl. DIN 18195 [44])

Die Dokumentation der Messwerte erfolgt derzeit noch über ein Protokoll. Digitale Auswertungen der Messungen sind bisher nicht üblich. Das Verfahren arbeitet auf der Grundlage einer manuellen optischen Auswertung.

- Flüssigkeitseindringversuch

Beim Flüssigkeitseindringversuch handelt es sich um ein einfaches Verfahren zur Feststellung der Wassereindringtiefe und der Wasseraufnahmefähigkeit an der Bauwerksoberfläche. Dabei wird das eindringende Wasservolumen pro Zeiteinheit gemessen. An einem Stehrohr (Karsten'sches Röhrchen) kann das eingedrungene Wasservolumen als Volumenverlust abgelesen werden. Das Verfahren eignet sich u.a. zur Qualitätssicherung bei ausgeführten Hydrophobierungen.

- Rückprallhammer (Verfahren Schmidt)

Die Methode basiert auf der Elastizität des Prüfkörpers. Ein impulsgebender Schlagbolzen erfährt nach dem Aufschlag einen Rückprall. Aus dem Rückprallmaß wird auf die Druckfestigkeit geschlossen.

- weitere Verfahren u.a. zur Bestimmung festgelegter Toleranzen im Hochbau z.B. nach DIN 18201 (Toleranzen im Hochbau) und DIN 18202 (Toleranzen im Bauwesen) [46].

Objektive halbautomatische Prüfdatenerfassung

- Barcodescanner

Moderne Warenbestandskontrollsysteme kommen heute nicht mehr ohne die Vorteile dieser Technik aus. Auf jeder Verpackung, vom Lebensmittel bis zum Ersatzteil für das Auto, sind Informationen in Form von Balken gespeichert. Handels- und Transportunternehmen verwalten ihre Informationen auf diese Weise. Die Vorteile dieser Technik, verglichen mit der manuellen Kontrolle, sind: Keine Datenredundanz durch mehrfache Aufnahme der Daten – vorher mussten Daten immer per Checkliste kontrolliert werden. Moderne Barcodesysteme lassen sich hingegen mit Datenbanksystemen des Bauunternehmens koppeln, erhöhen die Kontrollmöglichkeit und verhindern Materialfehler durch Verwendung falscher Materialien.

Beim Einsatz eines solchen Systems sind jedoch fundamentale Konzepte für die Einstellung von Datensätzen dieser Art zu beachten. Die Größe des Labels, das die Informationen in Form eines Strichcodes beinhaltet, ist eines der entscheidenden Kriterien.

Das Etikett traditioneller, eindimensionaler Barcodestreifen besteht aus einer Abfolge von Linien, die senkrecht von oben nach unten verlaufen. Die Informationen, die gespeichert sind, verlaufen von rechts nach links.

Empfohlen werden für den Baustelleneinsatz zweidimensionale Barcodes (2D Systeme).

Ein entscheidendes Merkmal, welches diese deutlich von eindimensionalen unterscheidet, ist die Robustheit. Ein eindimensionales Barcodeetikett kann schon mit einem einzigen Kulistrich zerstört werden. 2D Systeme sind unempfindlicher gegenüber Zerstörungen ihrer Struktur. (vgl. PFUHL [103])

- Feuchtigkeitsmessung (elektrischer Widerstand)

Das Verfahren nutzt den elektrischen Widerstand zwischen zwei Elektroden. Mit steigender Feuchte sinkt der Widerstand, der Stromfluss steigt.

Modernere Geräte, wie beispielsweise die GANN Hydromette M 4050 [63] als elektronisches Baufeuchte-, Holzfeuchte-, Luftfeuchte- und Temperatur-Messgerät in Mikroprozessortechnik besitzen die Möglichkeit der Datenabspeicherung und Anschlussmöglichkeit an einen Computer oder Drucker. Die Temperaturkompensation erfolgt vollautomatisch mit fest gespeicherten Eichkurven für viele Baustoffe mit direkter Anzeige. Das Prüfergebnis wird nach Bestätigung durch den Prüfer (Ausführender) am Prüfmittel an ein entsprechendes Erfassungssystem übertragen.

- Leckage-Warnsysteme

Hierbei handelt es sich nach PUCHE [104] um elektronische Informationssysteme. (Sensorvlies mit Messsensoren) Diese werden unter der Abdichtung, beispielsweise über der gefährdeten Wärmedämmung, eingebaut und überwachen die Abdichtung ab der Herstellung vollflächig und permanent auf Dichtigkeit. Kommt es in der Abdichtung zu einer Leckage, wird dies vom System erkannt und in geeigneter Weise signalisiert, sobald das Wasser beginnt, in das Gebäude einzudringen. Wird nach Auslösen eines Leckagealarms der Schaden zeitnah beseitigt, so wird auch die schleichende Durchfeuchtung der Wärmedämmung, die dem sichtbaren Schaden im Gebäude meist vorausgeht, vermieden. Die Hauptfolgen eines Dichtungsschadens, wie Suchkosten, Kosten für die Instandsetzung der Wärmedämmung und die Beseitigung von Feuchteschäden im Gebäude sowie Nutzungsausfall, lassen sich durch den Einsatz von Leckmeldeanlagen auf ein Minimum reduzieren.

- Ultraschall-Echo-Verfahren (Beton und mineralische Verfahren)

Das Verfahren eignet sich zur Feststellung von Fehlstellen und Hohlräumen, zur Dickenmessung, zur Kontrolle von Klebeverbindungen und zur Risserkennung an einseitig zugänglichen Bauteilen.

Beim Ultraschall-Echo-Verfahren wird die Reflexion von Schallwellen an Grenzflächen genutzt. Grenzflächen treten an den Bauteilgrenzen sowie inhomogenen Stellen auf. Durch die Laufzeitmessung lässt sich die Entfernung zur Störstelle ermitteln. Mit dem Ultraschallecho-Verfahren lassen sich am Betonbauteil (nach ZfPBau-Kompendium [8]) Fragen

- zur Dickenmessung
- zur Messung der Betondeckung
- zu Verpressfehler im Spannbetonbau und
- zur Ortung von Verdichtungsmängeln klären.

Auch im DGzFP-Berichtsband [41] wird auf die Möglichkeiten der Qualitätssicherung im Betonbau mit Ultraschallverfahren hingewiesen. Berichtet wird über einen Prototypen, der in der Lage ist, mit der Ultraschalltechnik Erstarrungs- und Erhärtungsprozesse zu analysieren. Mit dem Verfahren sollen auch die Konsistenz, Wasser-Zement-Wert, Sieblinie und Luftporengehalt während des Einbaues von Beton kontrollierbar sein. Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass das neue Gerät weitgehend selbstständig arbeitet, sodass die Bedienung auch durch wenig geschultes Personal möglich ist.

Das Prüfergebnis wird auch hier noch über eine geeignete Schnittstelle vom Prüfmittel an ein entsprechendes Erfassungssystem übertragen und muss vor der Übernahme vom Prüfer (Ausführende) bestätigt werden. [8] Perspektivisch ist möglicherweise eine Zuordnung dieses Verfahrens zur folgenden Gruppe möglich.

Objektive automatische Prüfdatenerfassung

Die folgenden Prüfverfahren werden Mittel- bis langfristig auch in Teilprozessen der Bauausführung und in der baubegleitenden Qualitätssicherung Anwendung finden.

- Photogrammetrie

Sie erfasst beliebige Objekte dreidimensional mit Hilfe von Messbildern indirekt durch Bildmessungen. Photogrammetrie kann grundsätzlich in allen Bereichen eingesetzt werden, in denen ein Messobjekt photographisch abgebildet werden kann. Angaben zum mathematischen Modell, zum Prinzip und zu den dreidimensionalen Koordinaten der Objektpunkte können z.B. in MÖSER [94] nachgelesen werden.

Die Photogrammetrie ist als baubegleitendes Dokumentations- und Prüfmittel gut geeignet. Die Aufnahme von Messobjekten erfordert einen geringen Messaufwand am Ort der Bauausführung. Die Messung erfolgt berührungslos, so dass unzugängliche Objekte aufgenommen werden können. Mit der Photogrammetrie ist die Feststellung der Anzahl einzelner Bauteile, die Ermittlung der exakten Mengen an verbauten Materialien bis hin zur Beurteilung der Qualität der erstellten Bauteile möglich. Die Effektivität photogrammetrischer Verfahren wächst mit der Kompliziertheit der Objektformen und mit Zunahme der zu erfassenden Punktzahl. Bei der Anwendung photogrammetrischer Verfahren ergeben sich aus den jeweiligen Forderungen nach Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit Grenzen des Anwendungsbereiches. Nachteilig ist der derzeit noch erhöhte Aufwand für die Vorplanung, der Zeitabstand zwischen photographischer Messbildaufnahme und den Ergebnissen sowie die Forderung nach qualifiziertem Fachpersonal. Derzeit wird Photogrammetrie im Bereich der Maßkontrolle von Betonfertigteilen eingesetzt. Die Struktur des abzubildenden Objektes wird völlig objektiv und wertungsfrei im Messbild gespeichert. Dadurch können nachweise zum Baufortschritt und Einhaltung der Fristen während der Bauausführung ebenso abgedeckt werden wie Nachweise zur Geometrie und Abmessungen, z.B. Soll-Ist-Vergleiche der Bauteile und Einhaltung von Maßtoleranzen.

Der Einwand der Manipulierbarkeit der Digitalbilder ist zwar möglich, eine nicht-erkennbare Verfälschung der Bilder mittels Programmen ist aber auch für einen entsprechenden Spezialisten sehr aufwendig.

- Laserscannertechnik

Laser-Scanning stellt in Anlehnung an WUNDERLICH [133] ein flächenhaft messendes System im Nahbereich dar. Hierunter wird die dreidimensionale Erfassung einer Objektoberfläche durch zeitlich und örtlich versetzte Abtastung mit einem sichtbaren Laserstrahl verstanden.

Das Produkt der vektoriellen Abtastung ist eine räumliche Punktwolke, die simultan zum Abtastvorgang auf dem Bildschirm des Steuerrechners dargestellt wird. [133]

Gemäß KÜHNHARDT [87] bietet dieses Messsystem umfangreiche Möglichkeiten für die Bestands-Dokumentation, für die Planungs-Visualisierung und die Ausführungskontrolle. Klassische Einsatzgebiete sind im Bauwesen Gebäudeaufnahmen (3D-Animationen), z.B. in der Denkmalpflege.

Dabei spielt die Qualitätssicherung mittels Baukontrollmessung, Kollisionskontrolle sowie As-Built-Dokumentation (Beweissicherung nach Baufertigstellung) eine zentrale Rolle. (vgl. SCHOCK [114])

Mit Kameras lassen sich zu den geometrischen Informationen der einzelnen Punkte zusätzlich radiometrische Informationen wie z.B. Wärmestrahlung gewinnen. Diese können auch für die Automatisierung von Auswertungsschritten genutzt oder zur Aufzeichnung von Texturen verwendet werden [133].

Die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten für dieses System sind noch relativ hoch. Die Vorplanung der Messung und die Auswertung der Messdaten durch Fachpersonal erfordert einen erheblichen Aufwand. Durch Verbesserung der Modellierungssoftware kann 3D-Laser-Scanning eine wirtschaftlichere Alternative zu herkömmlichen Vermessungsmethoden werden und an Bedeutung für die baubegleitende Dokumentation gewinnen.

Der Vorteil der baubegleitenden Dokumentation durch Laser-Scanning besteht darin, dass über eine 3D-Modellierung aus den mittels Laser-Scanning aufgenommenen Punktwolken im Fall von Streitigkeiten eine genaue Auswertung erfolgen kann. Das Verfahren bietet entscheidende Vorteile, sobald eine hohe dreidimensionale Informationsdichte zu Verwaltungs- und Planungszwecken (Facility-Management) erforderlich ist und kann möglicherweise eine Nahtstelle zwischen dem System der „Helfenden Prüfungen“⁶⁵ und dem Facility-Management sein.

Ein einzelnes Abtastergebnis umfasst nach WUNDERLICH [133] bei dichtem Raster (<1 mm auf 50 m) rund eine Million Einzelpunkte. Aktuelle Präzisionsscanner erreichen einen mittleren Punktlagefehler von ± 6 mm auf 50 m Distanz. Dies bedeutet, dass derzeit die Genauigkeit einer in einen Punkthaufen eingepassten ausgleichenden Fläche i.d.R. mit ± 2 bis 3 mm erwartet werden darf.

- Transpondersysteme

Transponder sind nachrichtentechnische Anlagen, die von einer Sendestation ausgehende Funksignale aufnehmen, verstärken und wieder abstrahlen.

Die Verwendung von Messtranspondern direkt am oder im Bauteil erlauben nach SCHICKERT [109] die Überwachung des Baufortschritts und des fertigen Bauwerks. Einerseits sind Transponder ein preiswertes passives System für die Anwendung als „verlorene Sensor“ bei der Feuchtemessung von Estrichen, wobei die Abfrageeinheit den passiven Transponder durch Übertragung von Energie aktiviert, andererseits sind Transponder ein aktives System für die kontinuierliche Überwachung von Bauwerken mit einer oder einer Vielzahl von Einheiten.

Beide Systemlösungen sind nach SCHICKERT klein, robust, intelligent und speziell an die Einsatzbedingungen im Bauwesen angepasst. Sie enthalten mehrere Sensoren,

⁶⁵ Die „Helfenden Prüfungen“ (vgl. Abschnitt 6.3) sind ein System zur Qualitätssicherung in der Bauausführung. Es beruht auf einer Verkettung der systemintegrierten Bestandteile. Diese sind:

- Eigenüberwachung
- Automatische Mess- und Prüfmethode
- Transparente Datensicherung für alle am Bau Beteiligten
- Automatischer Konformitäts-Check
- Prüfungen durch den Bauleiter
- Kontrolle durch die Bauüberwachung.

eine drahtlose HF(Hochfrequenz)-Datenübertragung bei 14 bzw. 434 MHz und Konzepte für geringen Energieverbrauch und hohe Datensicherheit.

Informationen zu zerstörungsfreien und zerstörungsarmen Prüfmitteln können u.a. in Veröffentlichungen der BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung) [8], der DGZfP (Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung) [37] aber auch in der DIN EN 473 „Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung“ [50] nachgelesen werden.

